

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

Т.А. АТАҚЎЗИЕВ, Э.Т. АТАҚЎЗИЕВ

БОҒЛОВЧИ МОДДАЛАР КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯСИ

Тошкент-2002 й.

АННОТАЦИЯ

Дарсликда оҳак, гипс, магнезиал боғловчи моддалар ва турли цементлар тайёрлашнинг технологик схемалари, улар олинадиган хом ашёлар ҳамда бу материалларнинг характеристикаси, уларнинг синфланиши ҳақида энг янги маълумотлар келтирилган, боғловчи моддалар, хусусан цементнинг қотишида руй берадиган жараёнлар талқин этилган ва уларга хос физик-механик хоссалар ҳамда уларни ишлатиш соҳалари ёритилган.

Китобда атроф-мухит муҳофазасига ҳам, айниқса, фосфогипс ўғит саноати чиқиндисининг хосса ҳамда хусусиятларига, ишлатиш соҳаларига кенг ўрин ажратилган.

СЎЗ БОШИ

Ушбу дарслик кимёвий технология йўналишининг боғловчи моддалар кимёвий технологияси соҳасида ихтисослашувчи техника фанлари бакалаврлари учун мўлжалланган ўқув дастурига мувофиқ ёзилган. Шунинг учун китобда турли боғловчи моддаларнинг хом ашёлари, олиш технологияси гипс, оҳак ва цементнинг ҳосил бўлиш жараёнида кетадиган физикавий ва кимёвий жараёнлари кенг талкин қилинган. Ушбу жараёнлар кечишида турли қўшилмаларни таъсирига алоҳида этибор берилган. Цемент олишнинг барча усуллари келтирилган.

Бундан ташқари китобда турли боғловчи моддаларнинг хилма-хи конструкцияларда янада самаралироқ ишлатиш имконини берадиган хосса ва хусусиятлари кенг баён этилган.

Дарсликда боғловчи материаллар қотиш жараёнларининг физик-кимёвий асослари ҳамда бу жараёнларни тезлаштириш ва бошқаришнинг мақбул усуллари, шунингдек, қотиш жараёнида ҳосил бўладиган янги бирикмалар микроструктурасининг қотган боғловчи материаллар, бинобарин, бетонларнинг мустаҳкамлик, деформацияланиш ва ҳокозо хусусиятларига таъсири кўрсатиб ўтилган.

Бундан ташқари, боғловчи материаллар саноатида кимё, рангли ва қора металлургия чиқиндилари, иссиқлик станциялари куллари каби чиқиндилардан фойдаланиш билан боғлиқ бўлган массалар ҳам ушбу дарсликда ўрин олган.

Мазкур китобда боғловчи моддалар кимёвий технологияси соҳасида яқин ва узоқ чет эл фани ҳамда техникаси эришган энг янги ютуқлар ўз ифодасини топган.

Боғловчи моддалар кимёвий технологияси соҳасида мутахассис тайёрлайдиган олий ўқув юр்தларининг талабалари учун дарслик шу курсни батафсил ўрганишга имкон беради.

Шундай қилиб, ушбу дарсликда турли боғловчи материаллар янги технологияларини, янги турдаги цементларни ишлатиш, турли қўшилмалардан фойдаланиш, маҳсулот ишлаб чиқариш самарадорлигини ва сифатини ошириш йўллари батафсил кўрсатиб ўтилган. Боғловчи материаллар ва бирламчи хом ашёни стандартлаштириш соҳасидаги барча ўзгаришлар ҳам ушбу дарсликда ҳисобга олинган.

МУНДАРИЖА

1 боб. Кириш	5
1-§. Ўзбекистонда цемент саноатининг тараққиёт босқичлари.....	7
2-§. Илмий-техника тараққиётининг цемент саноатидаги самарадорлиги.....	10
3-§. Анорганик (минерал) боғловчи материаллар.....	14
2 боб. 4-§. Ҳавода қотадиган боғловчи материаллар.....	15
5-§. Гипснинг характеристикаси.....	19
6-§. Сувли ва сувсиз кальций сульфат модификацияси.....	21
7-§. Ярим молекула сувли гипснинг қотиши.....	22
8-§. Гипс боғловчининг қотишига қўшилмаларнинг таъсири.....	27
9-§. Жуда катта температурада куйдириладиган гипс (экстрих-гипс)....	34
3 боб. Фосфогипснинг физик-кимёвий хоссалари ундан қурилиш материаллари саноатида фойдаланиш имкониятлари.....	35
10-§. Фосфогипснинг таркиби, тузилиши ва хоссаларини физик-кимёвий татқиқ этиш	35
11-§. Фосфогипсдан халқ хўжалигининг турли сохаларида фойдаланиш имкониятлари.....	43
12-§. Фосфогипсдан ҳавода қотадиган материаллар олиш.....	44
13-§. Фосфогипс боғловчи моддасини олиш технологиясини татқиқ этиш ва ишлаб чиқиш.....	48
14-§. Магнезиал боғловчилар.....	52
4 боб. 15-§. Ҳавода қотадиган оҳак.....	56
16-§. Сўндирилмаган кесак-оҳак.....	57
17-§. Сўндирилган оҳак.....	67
18-§. Гидрат-кукун оҳак.....	70
19-§. Сўндирилмаган туйилган оҳак.....	73
20-§. Ҳавода қотадиган оҳакнинг қотиши, хоссалари ва ишлатилиши....	75
2 қисм. Гидравлик боғловчи моддалар.....	84

5 боб. Гидравлик оҳак ва романцемент.....	84
1-§. Гидравлик оҳак.....	84
2-§. Романцемент.....	91
6 боб. Портландцемент.....	95
3-§. Таркиби ва классификацияси.....	95
4-§. Клинкер ва унинг кимёвий ҳамда минералогик таркиби.....	96
5-§. Клинкер характеристикаси.....	103
6-§. Клинкер классификацияси ва портландцемент турлари.....	108
7 боб Портландцемент технологияси.....	108
7-§. Хом ашё материаллари ва ёқилғи.....	108
8-§. Портландцемент ишлаб чиқариш усуллари.....	112
9-§. Оҳактош ва гилни қазиб олиш, ташиш ҳамда хом ашё аралашмасини тайёрлаш.....	115
10-§. Клинкерни айланма печларда куйдирганда содир бўладиган жараёнлар.....	123
11-§. Клинкерни туйиш.....	130
12-§. Портландцемент дисперслигининг унинг хосса ва хусусиятларига таъсири.....	131
8 боб. Портландцементнинг қотиши, хоссалари ва ишлатилиши.....	137
13-§. Цементнинг сув билан бирикиши ва ҳосил бўлган маҳсулотларнинг кимёвий таркиби.....	137
14-§. Кальций гидросиликатлар.....	144
15-§. Кальций гидросиликатларининг ҳосил бўлиш шароитлари ва барқарорлиги.....	150
16-§. Портландцементнинг қотиши.....	152
17-§. Цементтошдаги ҳажмий ўзгаришлар.....	156
18-§. Портландцементнинг мустаҳкамлиги.....	157
19-§. Цементтош ва бетонларнинг кимёвий ҳамда физик агрессив факторлар таъсирига чидамлилиги.....	163

9 боб. Махсус портландцементлар	172
Портландцемент турлари.....	172
20-§. Тез қотувчан портландцемент.....	173
21-§. Пластификацияланган ва гидрофоб портландцементлар.....	175
22-§. Сульфатга чидамли портландцемент.....	176
23-§. Оқ ва рангли портландцементлар.....	178
10 боб. Махсус цементлар.....	179
24-§. Тампонаж цементлар.....	179
25-§. Пуццолан портландцемент.....	184
26-§. Сульфоминерал цементлар.....	192
27-§. Гилтупрокли цементлар.....	197
28-§. Кенгаювчи ва тарангланувчи цемент.....	198
29-§. Кислотага чидамли цемент.....	201

1 боб. КИРИШ

Халқ хужалигининг ривожланишида қурилиш материалларининг аҳамияти жуда катта. Саноат ва уй-жой қурилишининг кун сайин ўсиб бориши қурилиш материалларига бўлган эҳтиёжни янада оширмакда. Шунинг учун қурилиш материаллари ҳамда уларни ишлаб чиқариш технологияси, улардан ясалган буюмлар таркибини билиш ва ўрганиш ҳар бир қурувчи-мутахассис учун муҳимдир. Шу билан бирга, мутахассис куйидагиларни яхши билиши лозим: а) материаллар ишлаб чиқариш учун ишлатиладиган хом ашё; б) хом ашёни ишлаш ва буюм тайёрлаш жараёни; в) қурилиш материалларининг хоссалари, уларни синаш усуллари ва қабул қилиш; г) ташиш ва сақлаш усуллари; д) материалларнинг қурилишда, керакли жойларда ишлатилиши; е) материалларни тежаш йўллари.

Қурилиш материалларидан тайёрланган маҳсулот қурилиш буюмлари ёки конструкциялар деб аталади. Ғишт блоклари, темир-бетон буюмлар ва конструкциялар, ёғоч фермерлар ва бошқалар шулар жумласидандир.

Қурилиш материалларини ишлаб чиқариш ва уларни халқ хўжалигида ишлатишнинг ўзига хос тарихи бор. Энг қадимги ва кўп тарқалган қурилиш материаллари гил ҳисобланади. Гил қурилиш материли сифатида инсоният тараққиётининг бошланғич давридаёқ ишлатилган. Вақт ўтиш билан, инсон гилдан ҳар хил шаклдаги буюмлар тайёрлашни ва уларнинг мустаҳкамлигини ошириш мақсадида уни қуритиш ҳамда куйдиришни ўрганган.

Боғловчи моддаларнинг бундан 4-5 минг йил аввал сунъий йўл билан ҳосил қилинганлиги маълум. Миср, Греция, Рим ва Вавилонда оҳак қоришмаси ва гидравлик қўшимчалардан тайёрланган бетон иншоатлар қадимги вақтлардан ҳозирги давргача сақланиб келмоқда. Бундай иншотларнинг ички ва ташқи қисмини безашда металл чиқиндиларидан ясалган нақшдор кошинли буюмлар ишлатилган. Инженерлик иншотлари учун-гил, тош, ёғоч тўсинлар; турар жой учун-камиш, пальма шохлари ва бошқалар кўплаб ишлатилган. Миср ва Месопотамияда бундан 5-6 минг йил аввал ясалган шиша буюмлар топилган.

Мамлакатимизда турли бинокорлик материаллари ишлаб чиқариш жуда қадимдан бошланган.

Бинокорлар ўртасида аста-секин ғишт терувчилар тоштарошлар, оҳак тайёрловчилар ва бошқа касб усталари ажралиб чиқади. Шаҳар деворлари, миноралар, масжид ва қасрлар (масалан, Бухоро, Самарканд, Хива ёдгорликлари) каби иншотлар Қурилиш материалларига бўлган эҳтиёжни оширган. Эрамиздан олдинги тўртинчи асрда қурилган қадимги Хоразм чор атрофи қалин деворлар билан ўраб чиқилган тўртта цилиндрсимон минорадан иборат. Минораларнинг усти текис қилиб ишланган. Бундай иншоотларни қурилишда қўшилмалар

билан ганч қоришмаси ва гилтупроқдан пиширилган яполақ ғиштлар ҳамда табиий тошлар ишлатилган.

Қоришма тайёрлашда ўзбек қурувчилари хилма-хил қўшилмалардан кенг фойдаланганлар. Жумладан, вулкан шишаси, оқ гил (каолин). Ҳайвон қони, тухум сариғи, суяк елими, ширали моддалар қоришмаларининг мустаҳкамлиги ва чидамлилигини оширувчи модда вазифасини ўтаган.

Самарқанддаги Улуғбек мадрасаси, Қўқондаги Худоёрхон саройини қуришда бундай қоришмалар билан бирга чанг-ғишт қоришмасидан ва оҳак-ғишт қоришмасидан иборат бетонлар кўп ишлатилган.

XIX асрнинг охири ва XX асрнинг бошидан эса цемент саноати тез тараққий эта бошлади.

Цементнинг ихтиро қилиниши бетон хоссаларининг яхшиланишига, бинобарин, қурилиш техникасида янги давр очилишига олиб келади. Гидротехника иншоотлар қуриш зарурати сувга чидамли боғловчи моддалар излашни талаб этса, темир-бетон конструкцияларнинг қурилишда кенг ишлатилиши портландцементнинг янги, тез қотувчи, мустаҳкам турларини яратиш эҳтиёжини туғдирди. Цементнинг денгиз суви таъсирида бузилиши аниқлангач, бу борадаги тадқиқотлар натижасида янги цемент тури-сульфатга чидамли портландцемент ихтиро қилинади. Натижада қурилиш материаллари ишлаб чиқариш бир неча марта ортди. Маҳсулотнинг сифати яхшиланди, ассортиментни кўпайди ва янги технологик усуллар жорий қилинди.

Ҳозирги қурилиш материаллари ишлаб чиқарадиган корхоналар юқори унумли машиналар билан жиҳозланган. Ишлаб чиқаришдаги деярли барча технологик босқичлар механизациялаштирилган. Кўпгина корхоналарда эса автоматик бошқарувчи конвейерлар ишламоқда.

Темир-бетон конструкцияларнинг вазни ва уларга сарфланадиган материал сарфини камайтириш чидамлилиқ муддатини ошириш, кенг юзали ва юпқа конструкциялар яратиш, мустаҳкамлиги юқори бўлган бетондан фойдаланиш ҳозирги кундаги асосий вазифалардан биридир, бу эса цемент сифатини янада яхшилаш ва унинг маркасини оширишни тақозо этади. Бетон ва темир-бетон илмий тадқиқот институти тадқиқотчиларининг фикрича, 300 маркали бетон тайёрлашда 400 маркали портландцементга нисбатан 500 ва 600 маркали портландцемент ишлатиш қуйидаги самарани беради: цемент сарфи 20% гача камаяди, заводларда буюмларга иссиқлик ёрдамида ишлов бериш муддати 3...4 соат қисқаради, айти вақтда технологик линияларнинг унумдорлиги ва металл қолиплар ишлатилиш тезлиги ортади, шу қолипларга бўлган эҳтиёж 15...20% камаяди, монолит бетоннинг қотиш муддатини қисқартириш ҳисобига

тайёр конструкцияларни топшириш муддати тахминан 20% қисқаради. Ниҳоят, юқори маркали бетонлардан кенг кўламда фойдаланиш конструкцияларда материал сарфини қарийб 20% ва уларнинг таннархини 8...10% камайтириш имконини беради. Бу ишларни амалга ошириш 500, 600 ва ундан юқори маркали цементларни ишлаб чиқаришга кўп жиҳатдан боғлиқ. Шундай қилиб, цемент активлигининг бир маркага ортиши (10МПа) уни ишлаб чиқариш миқдорини тахминан 15% кўпайтириш билан баробар. Бинобарин, бетон конструкцияларининг хилма-хиллиги, қурилиш ишлари шароитининг ўзгарувчанлиги ва турли ноқулай муҳит омиллари мутахассислар олдида махсус техник хоссага эга бўлган цемент ишлаб чиқариш вазифасини кўяди.

Ҳозирги вақтда гидроэлектростанция ва транспорт иншооталарида, оддий ва олдиндан таранглаштирилган темир-бетон буюмлар саноатида, денгиз ва океанда олиб бориладиган қурилишларда, автомобиль йўллари ва аэродром қурилишларида, нефть ва газ қудуқларини бурғулашда, асбоцемент маҳсулотлари, ўтга чидамли бетон ва бошқалар ишлаб чиқаришда махсус цементлар кенг ишлатилмоқда. Булардан ташқари, улар ҳар қандай об-ҳаво шароитида, йилнинг турли фаслида ишлатилиши мумкин.

Қурилиш ишларида техниканинг тараққиёти қурилиш усулларини янада такомиллаштириш ва аввалдан ишлатилиб келинган айрим қурилиш материаллари ўрнига янги қурилиш материаллари ишлаб чиқаришни талаб этади.

Махсус цементлар яратиш ва уларни ишлаб чиқариш соҳаси цементшунослик фани ва технологиясининг жадал суръатларда ривожланишига сабаб бўлади. Ўзининг кимёвий ва минералогик таркибига кўра бир-биридан фарқланадиган бундай цементларга эҳтиёж йилдан-йилга ўсиб бормоқда. Шу эҳтиёжни ҳисобга олиб, Ўзбекистон олимлари цемент саноатчилари билан ҳамкорликда маҳаллий хом ашё сифатида Ўрта Осиё республикалари учун зарур бўлган махсус цементлар яратиш, ишлаб чиқаришга тавсия этдилар.

Бетон тайёрлаш технологиясини мукаммаллаштиришда ўзбек олимларининг ишлари алоҳида ўрин тутади.

Ўзбекистонда портландцемент хоссаларини ўрганиш ва уларнинг ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштиришда кўпгина илмий текшириш институтлари ва лабораториялар ҳамда олий ўқув юртлари иш олиб бормоқда. Республикамизда жуда кўп маҳаллий цемент турларини ўрганиш ва ишлатишга доир адбиётлар нашрдан чиқган.

Ўзбекистон, цемент саноатининг биринчи тўнғич Бекобод цемент заводи қурилган 1926 йилдан ҳозиргача ўтган вақт ичида замонавий ва тўла автоматлаштирилган оғир индустрия районига айланди. Республикамиздаги қурилиш материаллари, айниқса цемент ишлаб

чиқарувчи заводлар юқори унумли машина ва агрегатлар билан жиҳозланган. Айниқса қурилиш материалларининг «нони» бўлган портландцементнинг салмоғи анча ортмоқда.

1-Қисм

1-§. Ўзбекистон цемент саноатининг тараққиёти босқичлари

Марказий Осиёда, жумладан Ўзбекистонда цемент саноати вужудга келишининг ўзига хос тарихи бор.

1926 йилнинг июнида Марказий осиёда биринчи бўлиб Ўзбекистонда илк бор цемент ишлаб чиқарила бошланди.

Дастлабки уч йил давомида корхона портландцемент ишлаб чиқаришни ўзлаштириб, йилига 28 минг тоннадан маҳсулот берди. Ўша кезларда замонавий ҳисобланган бу завод соатига 4 тонна клинкер ишлаб чиқарадиган битта 45 метрли айланма печга эга эди. Унда хом ашё ва клинкерни туювчи шар тегирмонлар ва 1000 кВт қувватли электростанция бор эди,

1936-1937 йиллардаги биринчи реконструкциядан сўнг завод йилига 155000 тонна маҳсулот бера бошлади. Завод 1959 йили қайта реконструкция қилиниб, анча кенгайтирилди. Иккита 118 метрли айланма печь ўрнатилди. 1961 йили яна битта 150 метрли печь ишга туширилди. Натижада заводнинг йиллик қуввати 720000 тоннага етди. Эндиликда завод технологияси узлуксиз такомиллашиб, улкан корхонага айланди. 1970 йили корхона қуввати 800000 тоннани ташкил этган бўлса. 1990 йил охирига бориб цемент ишлаб чиқариш 1 миллион тоннага яқинлашди. Бунга печларнинг қувватини ошириш орқали эришилди.

Шуни айтиш керакки, мазкур заводда дастлабки вақтларда цементнинг асосий таркибий қисми бўлмиш оҳактошдан ташқари Сулуктадан келтириладиган махсус тупроқ ҳам ишлатилар эди. Геолог олим, Ўзбекистон ФА нинг ҳақиқий аъзоси А.С.Уклонскийнинг таклифига биноан 1927 йили Сулукта тупроғи маҳаллий лёсс билан алмаштирилди. Шундан бери республика заводларида цемент ишлаб чиқаришнинг иккинчи таркибий қисми сифатида маҳаллий лёсс тупроғи ишлатилмоқда. 1929 йили ҳукумат қарорига биноан Қувасой цемент заводи қурила бошлади. 1932 йилнинг 21 феввалида бу завод ишга туширилди. Биринчи йили Қувасой заводи 42,2 тонна цемент ишлаб чиқарди. Аммо мураккаб жараёнларнинг кўпчилиги қўл кучи билан бажарилар эди. Технология такомиллашиб, ишчи ва инженер-техник ходимлар малакасининг ўсиши туфайли биринчи беш йил ичида заводнинг ишлаб чиқариш қуввати 120500 тоннага етди. 1946-1951 йилларда завод реконструкция қилиниши натижасида цемент ишлаб чиқариш йилига 200000 тоннани ташкил қилди. 1951-1959 йиллар мобайнида Қувасой заводида катта

реконструкция ишлари амалга оширилди, завод кенгайтирилди ва 150 метрли печлар билан жиҳозланган, тўла маханизациялашган иккита технологик линия ишга туширилди. 1959 йилга келиб ҳамма печлар газ билан ишлайдиган бўлди. Завод қуввати 1960 йили 670000 тоннани, 1970 йили эса қарийб 800000 тоннани ташкил қилди. 1990 йил охирида завод 1 миллион тоннага яқин маҳсулот берди.

Иккинчи жаҳон уришидан сўнг Россия заводларидан кўчиб келтирилган жиҳозлар ҳиобига Ангрен шаҳрида бир соатда 6,2 тонна цемент ишлаб чиқариш қувватига эга бўлган, узунлиги 57,5 метр, диаметри 3 метр бўлган бир печли завод қурилди. Кичик заводлардан бири ҳисобланган бу заводнинг йиллик қуввати 40 минг тоннага ҳам етмас эди. Завод 60-йилларнинг ўрталарида қайта жиҳозланиб, 80 метрлик печлар ўрнатилди. Заводнинг ўртача йиллик қуввати эса 50 минг тоннани ташкил этди.

Республикамизда оқ ва рангли цементга бўлган эҳтиёж жуда катта, ҳисобга олган ҳолда Ангрен цемент заводи оқ цемент ишлаб чиқаришга қайта жиҳозланди. Бунда лаборатория ва завод шароитида Ангрендаги паст сифатли каолинитли тупроқдан ва Оҳангарон оҳактошидан жуда яхши қовушиб пишадиган юқори мустаҳкамликка эга бўлган оқ цемент олиш мумкинлиги кўрсатиб берилди (М.Ғуломов тавсиясига биноан). Бундай цементга турли ранг бериш ҳам осон. Шунинг учун завод оқ цемент ишлаб чиқаришга мўлжаллаб жиҳозлана бошланди. 1977 йилнинг бошига қадар Ангрен цемент заводи йилига 60 минг тонна оқ цемент ишлаб чиқарди.

Цемент сифатини, хусусан, унинг оклик даражасини ошириш ва рангли хилларини кўпайтириш мақсадида Ангрен цемент заводини янги техника билан қайта жиҳозлаш ва 2-печни ўрнатиб ишга тушириш зарурати тўғилди. Бу тадбирларнинг амалга оширилиши натижасида завод қуввати икки марта ортди.

1968 йилнинг бошида Оҳангарон цемент заводи ишга туширилди. Ҳозирги Оҳангарон цемент заводи йилига қарийб 2 миллион тонна цемент ишлаб чиқармоқда.

Ўзбекистон цементчилари олимлар билан ҳамкорликда иш олиб бориб, уйсозлик заводларига-тез котадиган цемент, ирригация иншоотлари учун-сульфатга чидамли цемент, нефть ва газ қудуқлари учун тампонаж цемент, йўл қурилиши ҳамда пардозлаш ишларига – оқ рангли цемент ҳамда бошқа хил цемент ишлаб чиқаришни ўзлаштирдилар.

Корхоналардаги мавжуд имкониятлардан тўлиқ фойдаланиш, янги хом ашё манбаларини сўнгги технология схемалари асосида қўллаш лойиҳалари яратилмоқда. Оҳангарон каолини, алунити, Олмалик, Самарқанд аммофос заводларининг чиқиндиси-фосфогипс ва бошқа минерал хом ашёларни комплекс қайта ишлаш натижасида қўшимча равишда кўплаб цемент тайёрлаш мумкин бўлади.

«Южгипроцемент» институти лойиҳаси (Украина Республикаси) асосида кад кўтарган Навоий цемент заводи кўп жиҳатларига кўра одатдаги корхоналардан фарқ қилади. У Ўрта Осиёда биринчи мартаба «қуриқ усул» деб аталадиган технология асосида ишлайди. Бунда хом ашёни куйдириш учун сарфланадиган ёнилғининг 30...35 % ти тежалади. Бу усул ёрдамида олиб бориладиган иш жараёнида кўп чанг ажралиб чиққанлиги учун узоқ вақт қўлланилмай келинди. Ҳақиқатан ҳам цемент чанги узоқ масофадаги ҳавони ифлослантириб, атроф-муҳитга маълум даражада зарар келтирар эди. Янги корхонада хом ашёни куйдиришга тайёрловчи улкан (баланлиги 20 қаватлик бинога тенг) циклонли иссиқ алмаштиргичлар ўрнатилган. Улар кўшимча чанг тозалаш мосламалари билан биргаликда ҳавони ҳам тозалайди.

Ишлаб чиқариш жараёнларини механизациялаштириш ва автоматлаштириш даражаси бу корхонада юқори. Ҳозирги заводларда ишлаб турган энг йирик айланувчи печларнинг диаметридан бир ярим, икки баробар катта-етти метр диаметрли ва узунлиги 95 метр бўлган печлар илк бор ўрнатилмоқда. Улар ҳар ишчи бошига 2700 тонна цемент ишлаб чиқаришни таъминлайди. Бу ҳозирги кунда ғоят юқори кўрсаткичлар ҳисобланиб, АҚШ ва Япониянинг энг илғор цемент заводлари кўрсаткичидан анча кўп.

Хом ашёни кондан узатиш, уни дозалаш, пишириш, туйиш, технологик режимларнинг тўғри ишлашини таъминлаш каби жараёнлар программали бошқарувчи ва автоматик тузилмали электрон ҳисоблаш машиналари ёрдамида кузатиб турилади. Ҳозирги вақтда ишлаб турган печларга циклонли иссиқлик алмаштиргичлар ўрнатилса, иш унумли 20...25% га ортади, ёнилғи сарфи 30...35%, шунингдек, маблағ ва металл сарфи сезиларли даражада камаёди.

Ҳозирги вақтда мамлакатимизда цементни «қурук» усулда ишлаб чиқариш тайёрланаётган жами цементнинг 50 процентини ташкил этса, айти вақтда бир қатор хорижий мамлакатларда мазкур усул етакчи ҳисобланади. Бу усул салмоғи ГФР да 90%, Японияда 78%, ГДР да 76%, ЧССР да 64%, Венгрияда 55%, Болгарияда 45%, АҚШ да 42% ни ташкил этади. Цемент тайёрлашдаги бундай ҳолни бартараф этиш мақсадида мамлакатимиздаги цемент заводларини «қурук; усулга утказиш сўзсиз катта иктисодий самара беради.

Ўзбекистонда цемент саноати кенгаймоқда.

2-§. Илмий-техника тараққиётининг цемент саноатидаги самарадорлиги.

Мамлакатимиз қурилиш материаллари саноати замонавий асбоб-ускуна, илғор технология ва ишлаб чиқарилишнинг поток-конвейер методлари, автоматлаштиришнинг замонавий воситаларидан фойдаланишга асосланган, юқори даражада ривожланган саноат тормоғига айланмоқда. Моҳиятига кўра қурилиш материаллари саноатининг ҳозирда бир қанча муҳим тармоқлари, яъни цемент, йиғма темир-бетон, асбоцемент ва бошқалар вужудга келди.

Энг кенг тарқалган қурилиш материалларидан бири-цемент қурилиш «нони» дир. Юқорида айтиб ўтилган мураккаб вазифа-цемент саноатини техник жиҳатидан қайта қураллантириш ва шу йўл билан технологик жараёнларнинг юқори самародорлигига эришиш бу соҳанинг жадаллик билан ривожланишига олиб келади.

Ушбу тармоқнинг техникавий базасини қуйидаги муҳим омиллар бўйича янада ривожлантириш мумкин:

1. Янги ва янада унумли печлар, тегирмонлар, шунингдек бошқа турдаги асбоб-ускуналар (агрегатлар, машина, механизм ва аппаратлар)ни жорий этиш ва ўзлаштириш.
2. Асбоб-ускуналарни модернизациялаш.
3. Мавжуд технологик жараёнларни такомиллаштириш ва янги технологик жараёнларни жорий қилиш.
4. Ишлаб чиқаришдаги оғир ва сермеҳнат ишларни механизациялаштириш ва комплекс автоматлаштириш.
5. Илмий тадқиқотлар натижаларини ишлаб чиқариш амалётига татбиқ этиш.
6. Материаллар ва ёнилғиларнинг янги турларини ишлатиш, асосий ҳамда ёрдамчи материаллар хом ашёсининг сифатини ўзгартириш.

Цемент саноати корхоналарининг техника даражасини оширишнинг асосий йўналишларидан бири янги, кўп қувватли асбоб-ускуналар яратиш ва ўзлаштиришдир. Шуни айтиш керакки, цемент ишлаб чиқариш ҳажми фақат янги заводлар қуриш ҳисобига эмас, балки клинкер куйдириладиган печлар ва майдалаш агрегатларининг янги турларини жорий қилиш билан ҳам оширилади. Ҳозирги вақтда қулланилаётган узунлиги 150-185 м, диаметри 4-5 м бўлган айланувчи печлар ўрнига яқин вақтларда дунёда энг йирик печлар-узунлиги 230 м ва диаметри 7 м бўлган, соатига 125 тонна ёки йилига 1 миллион тонна клинкер ишлаб чиқариш қувватига эга бўлган печлар, шунингдек, диаметри 7 м, узунлиги 95 м ва циклон иссиқлик алмаштирувчиси бўлган печлар қўлланилади. Янги печлар 150 метрли печларга нисбатан 5 марта, 185 метрли печларга нисбатан эса 1,7 марта унумли. Тонна қувват ҳисобидаги солиштирма капитал сарфлар тегишлича 40...15%, клинкер куйдириш таннарни 20...10% кам. Мамлакатимиздаги Навоий, заводларида иккита шундай линиялар бор.

Юқори унумли асбоб-ускуналар қўлланишнинг катта иқтисодий самара беришига Оҳангарон цемент комбинатида ишга туширилган 7 километр узунликдаги лентали транспортёр яққол мисол бўлади. У майдалаш фабрикадан оҳактош етказиб беради. Ўн йиллар мобайнида бу транспортёр нуқонсиз ишламоқда. Лентанинг туташадиган қисмлари узилганда вулканизация усулида бириктирилади. Ўн йиллар мобайнида умумий узунлиги 14000 метрлик лентанинг 700 метри ёки 5 проценти алмаштирилди. Уч сменали ишда транспортёрга 26 киши

хизмат қилади. Автомобиль транспортига караганда, транспортёрда ташилганда хом ашёнинг таннархи камайиб келмоқда.

Техника ютуқларини жорий этишнинг яна бир йўли асосий технология асбоб-ускуналарини модернизациялаш буйича комплекс ишлар олиб боришдир. Масалан, Оҳангарон цемент заводларида печь холодильниклари ва приводларини ўзлаштириш орқали айланувчи печлардан фойдаланиш анча яхшиланди, натижада улардан фойдаланиш коэффициенти 1...1,5% ортди. Бекобод цемент комбинатида айланувчи печь реконструкция қилинди (диаметри 3 метрдан 3,6 метргача катталаштирилди). Натижада, меҳнат унумдорлиги ортди. Ҳозирги кунда бошқа печлар ҳам реконструкция қилинмоқда.

1- ва 2-жадвалларда кўришиб турибдики, 3,6x3,3x3,6x150 м ўлчамли печларда катта реконструкция ишлари олиб бориш, уларни 170 метрга қадар ўзайтириш, диаметрини эса 4,6-5 метргача кенгайтириш, такомиллашган клинкер совутгичлар ўрнатиш печларнинг самарадорлигини оширади. Бундан ташқари, печлар янада такомиллашган таянч қурилма конструкцияларга, куйдириш жараёнларини автоматик ростлаш системаси, печнинг ҳолатини ва корпус қизишини кузатувчи аппаратларга эга бўлиши керак.

Ҳозирги вақтда 5X185 метр ўлчамли йирик печларни модернизация қилишнинг энг самарали усуллари изланилди.

Қувасой цемент комбинатида эски, иш унуми паст айланувчи печларни унуми юқори печлар билан алмаштирилиши натижасида унумдорлик ошади. Шунингдек, технологик жараёнларни такомиллаштириш ҳамда янгиларини жорий этиш асосида ҳам цемент ишлаб чиқариш кўпаймоқда. Чунончи, 5X185 метр ўлчамдаги печлар билан замонавий технологик линияларини ишга тушириш технологик асбоб-ускуналари оғирлигини 3,6X3X3,6X150 метр ўлчамли печга нисбатан (бир соатдаги унумдорликнинг 1 тоннаси ҳисобида) 15%, қурилиш кубатурасини 30%, капитал маблағларини 12%, меҳнат сарфини 2,5%, куйдириш таннархини 15% камайитириш имконини беради.

Тўрт технологик линияга эга булган, йилига 2,4 миллион тонна маҳсулот ишлаб чиқариш қувватига эга булган 5X185 метр ўлчамли печлар билан жиҳозланган цемент заводларига нисбатан, қуввати 1,2 миллион тонна бўлган иккита шундай технологик линияли заводларнинг 1 тонна қувватга солиштирма капитал маблағлар сарфи 15...20%, таннархи эса 5% кам, 2,4 миллион тонна маҳсулот ишлаб чиқариш қувватига эга бўлган завод учун солиштирма капитал маблағлар ва маҳсулот таннархини ҳисобига олувчи ҳамда цемент 700 километр масофага ташилгандаги сарфлар 1,2 миллион тонна маҳсулот этиштириш қувватига эга бўлган ва цементни 300 километр масофага ташилаётган завод сарфлари билан бир хил.

Ҳозир мамлакатимизда барча цементнинг 50 процентга яқини ҳўл усулда ишлаб чиқарилмоқда. Лекин янги технология негизда қайта вужудга келган ва анча тежамли ҳисобланган «қуруқ» усулнинг истиқболи порлоқ.

Суткасига 3000 тонна клинкер ишлаб чиқариш қувватига эга бўлган 7X6,4X95 метр ўлчамли печда қуруқ усулда ишлаб чиқаришнинг технологиясини яратиш ва жорий этиш муҳим аҳамиятга эга (Навоий цемент заводи). Мазкур қурилманинг самародарлигини шундан ҳам билиш мумкинки, бу усул линияларидаги ишчиларнинг меҳнат унуми ҳозирда мавжуд линиялардаги ишчиларнинг иш унумидан тахминан икки марта кўп. Шу билан бирга 1 тонна клинкер олиш учун сарфланадиган ёнилги 1,5...2 марта камаяди.

Бекобод, Қувасой ва бошқа цемент заводлари 60-100 метр узунликдаги печлар билан жиҳозланган. Уларни циклонли иссиқлик алмаштиргич ўрнатиш йўли билан қуриқ усулга ўтказиш мақсадга мувофиқ.

Мамлакатимиз, жумладан, республикаимиздаги цемент саноатининг барча корхоналарида асосий технологик жараёнларни автоматлаштириш, сермеҳнат ишларни механизациялаштириш, маҳсулот сифатини яхшилаш борасида кўплаб тадбирларни амалга ошириш белгиланган.

1-жадвал

Реконструкция қилинган печлар маҳсулот ишлаб чиқариш ҳақидаги баъзи маълумотлар
(Южгипроцемент маълумотлари)

Реконструкция характери	Печлар сони	Клинкер ишлб чиқаришнинг йиллик ўсиши (минг тонна)	
		Ҳамма печларда	Битта агрегатда
Узунлиги 108 метргача бўлган ва иссиқлик алмаштирувчи қурилмаларсиз печларда, асосан буғланиш зонаси диаметрини кенгайтириш йўли билан профилни ўзгартириш	90	2000	22
Шахта печларида дам бериш асбобининг қайишқоқлигини ошириш	22	600	27
Қиска печлар диаметрини 3,6 метргача кенгайтириш, шлам концентраторлари ўрнатиш	30	1500	50
Узунлиги 127 ва 118 метрли печлар диаметрини 3,6 метргача кенгайтириш	30	1500	50
Узунлиги 150 метр бўлган печлар диаметрини 4 метргача кенгайтириш	7	500	70
Ишлаб чиқариш жараёнини қуруқ усулда олиб бориладиган қиска печлар диаметрини 3,6 метрга қадар	6	600	100

кенгайтириш, циклонли иссиқлик алмаштиргичлар ўрнатиш			
Ишлаб чиқариш жараёни қуруқ усулда олиб бориладиган 3X50 метр ўлчамли печларни 3,6X118 метр ўлчамли печлар билан алмаштириш	-	190	95

Автомат тарзда ағдарувчи вагонлар, тошқол, гипс ва бошқаларни бушатувчи тебранма ағдаргичларнинг қўлланилиши меҳнат унумдорлигини 25% оширади. Масалан, биргина республикамизнинг ўзида ташиш, сақлаш, ортиш-бўшатиш жараёнларида жами цементнинг 6...8% исроф бўлади. Исрофланган цементни уртача бир процент камайтириш ҳисобига йилига бир неча минг тонна цемент тежаш мумкин.

Печь ва кукунлаш агрегатларининг технологик жараёнлари автоматик тарзда созланиб турилиши лозим. Ҳисоблашлардан маълум бўлишича, печлардан (4X150; 4,5X170 ва 5X185 метр) илғор заводларда эришилган ўртача прогрессив даражага етказиб фойдаланиш ана шундай печли заводлар группасида ишлаб чиқариш унумдорлигини 7...10% ошириш имконини беради.

Шуни ҳам айтиш керакки, технологик жараёнларни автоматлаштириш ва механизациялаштириш айланувчи печлардан ҳам яхши фойдаланиш имконини беради.

Илмий тадқиқотлар борасида ҳам цементчи мутахассислар олдида катта вазифалар бор. Бундай тадқиқотлардан муҳими суткасига 5000 тонна (соатига 200 тонна) клинкер ишлаб чиқариш қувватига эга бўлган, айланувчи печли автоматлаштирилган линияда цементни қурук усулда ишлаб чиқариш учун зарурий технология ва қурилмалар яратишдир.

Навоида ишга туширилган цемент заводи 7X6,4X95 метр ўлчамли айланувчи печга эга бўлган учта технологик линияда бўлиб, ҳар бири соатига 125 тонна клинкер етказиб берапти. Лойиҳавий йиллик цемент ишлаб чиқариш қувватини 3400 тоннага 1990 йили етказилди. Иккинчи босқичда белгиланганига кўра, алоҳида технологик жараёнларнинг истиқболини ҳал этишини ҳисобга олиб, заводларнинг йиллик қуввати 4,6 миллион тонна бўлиши кўзда тутилган. Лойиҳада келтирилишича, 3 нчи 4 линияни қуриш ва барча технологик жараёнларда катта қувватга эга бўлган асосий ҳамда ёрдамчи асбоб-ускуналар ишлатиш, хом ашё аралашмаси тайёрлаш, хом ашёни майдалаш ва қуриштириш, клинкерни куйдириш ҳамда совитиш, цементни кукунлаш ва тайёр маҳсулотни ортиш операцияларини ўз ичига олган ишлаб чиқариш жараёнларини оптималлаштириш таъминловчи автоматлаштирилган бошқариш системасини татбиқ этиш мўлжалланган. Бундан ташқари, чангли газни ва ҳавони тозалаш, иш жараёнида чанг чиқарувчи барча асосий ҳамда ёрдамчи технологик жараёнлар аспирациясининг самарали схемаларини ишлатиш кўзда тутилган.

Республикада ишлаб чиқарилаётган цементнинг сифат структураси янада яхшиланиб, цемент хиллари ҳам купаяди. Цементнинг тез қотадиган, ўта мустаҳкам, кенгаювчи,

пластификацияланувчи, гидрофоб, манзарали (оқ ва ҳар хил рангли) ва бошқа қимматли энергия тежовчи технология буйича махсус хилларини ишлаб чиқариш ҳажми анча ортади.

3-§. Анорганик (минерал) боғловчи материаллар

Анорганик ёки минерал боғловчи материаллар кукунсимон бўлиб, майда ва йирик тўлдиргичлар билан бирга сувда қорилганда суюқ ёки пластик қоришма ҳосил қилади ва аста-секин қотиши натижасида суъний тошга айланади. Анорганик боғловчиларни ишлатишга ва хоссаларига кура куйидаги группаларга бўлиш мумкин:

1. Ҳавода қотадиган боғловчи материаллар: оҳак, гипс ва каустик магнезит;

2. Гидравлик боғловчилар. Бундай материаллар фақат ҳавода эмас балки сувда ва намликда ҳам қотиш хусусиятига эга. Масалан, портландцемент, гидравлик оҳак, қумтупроқ қўшилган цемент, пуццолан портландцемент, шлакли портландцемент, кенгаювчи цементлар ва бошқалар;

3. Кислоталарга чидамли боғловчилар. Бундай боғловчиларнинг қотиш жараёнидан кейинги мустаҳкамлигининг ортиши кислоталар таъсирида ҳам давом этади. Бунга кислотага чидамли эрувчан суюқ шиша, асосида олинадиган цементлар ва қоришмалар мисол бўлади.

Юқорида келтирилган боғловчилар асосида ғишт териш ва сувоқчилик учун қоришмалар, бетон ва темир–бетон конструкциялар ҳамда қотиш жараёни *автоклав* деб аталувчи қозонларда рўй берадиган буюмлар тайёрланади. Қурилишларда буюм хоссаларини ва боғловчи материалларни тежаш мақсадида куйидаги махсус қўшимчалар ҳам ишлатилади:

1. Боғловчи материалларни чучук ҳамда сульфат тузларига тўйинган сувлар таъсирида чидамлилигини ошириш мақсадида ишлатиладиган гидравлик ёки актив минерал қўшилмалар-трепел, опока, диатомит, трасслар, пемза, вулкон кули ва туфи, актив кремний чиқиндилари, куйдирилган гил, глиеж, куйган жинслар ва шлаклар.

2. Боғловчи материалларни тежаш учун тўлдиргичлар сифатида майда қилиб тўйилган қум, оҳактош, доломит, табиий чангсимон кварц қуми, шлак ва бошқалар.

3. Цементларнинг тишлашувини тезлатувчи ва сусайтирувчи материаллар: тезлатувчилар-кальций хлорид (CaCl_2), натрий хлорид (NaCl), хлорид кислота (HCl), эрувчан шиша (Na_2SiO_3), сода; сусайтирувчилар-гипс, сульфат кислота, сульфит оксидли темир ва бошқалар.

4. Цементнинг қотишини тезлатувчи ва мустаҳкамлигини оширувчи қўшимчалар кальций хлорид ва хлорид кислота.

5. Бетон ва қотишмани совуққа чидамлилигини, пластиклилигини ошириш учун ишлатиладиган органик ва анорганик қўшилмалар, сульфат спирт бардоси (ССБ), етмак (кўпиртирадиган дарахт илдизи), совун чиқиндиси, гил, бентонит, трепел ва бошқалар.

Боғловчи материалларни ишлатишда улар қуйидаги талабларга жавоб бериши лозим: қоришманинг тишлашиш даври, нормал қоришма олиш учун сув миқдори, сувнинг қоришма билан бирикиш даражаси, тишланишдаги иссиқлик миқдори ва ҳоказолар.

Боғловчи материални сув билан қориштирганда қаттиқ ҳолатга ўтгунга қадар кетган вақт унинг *тишлашиши даври* деб аталалади. Қоришмада сув қанчалик кўп бўлса, унинг тишлашиши шунча секин бўлади. Шунинг учун нормал қоришма тайёрлашда аввало сув миқдорини аниқлаб олиш керак. Ҳар бир боғловчи учун сув миқдори унинг оғирлигига нисбатан процент ҳисобида ГОСТ да белгиланган норма бўйича аниқланади.

Боғловчи материал сув билан қориштирилганда физик-кимёвий жараёнлар натижасида қуюқлаша бошлайди, унинг қўзғалувчанлиги камаяди. Бунга боғловчи модда тишлашишнинг *бошланиш даври*, қўзғалувчанлиги бутунлай йўқолгандан кейин эса *охирги даври (қотиш)* деб аталади. Тишлашиш даврига қараб боғловчилар уч группага бўлинади.

а) тез тишлашувчи-тишланишининг бошланиш даври 3...10 минут. Бундай боғловчиларни ишлатиш ноқулай бўлганлиги сабабли, унга тишлашишни сусайтирувчи махсус моддалар, масалан, қурилиш гипси қўшилади;

б) нормал тишлашувчи-тишлашишнинг бошланиш даври 30 минутдан кейин, охири эса 12 соатгача давом этади. Бундай боғловчиларга бетон ва қоришмалар тайёрлашда кўп ишлатиладиган барча цементлар киради;

в) секин тишлашувчи-тишланишнинг охири даври 12 соатдан кейин бошланадиган материаллар.

Нормал қоришма тайёрлашда сув (аслида боғловчининг кимёвий бирикиши учун сарфланадиган сув) керакли миқдоридан кўп олинади. Шунинг учун қоришма қотгандан кейин ҳам ундаги майда капиллярлар ва ғовакларда бирикмаган эркин сувлар кўп бўлади. Эркин сувлар аста-секин буғланиб, цементнинг ғоваклигини оширади. Бинобарин, бетон ёки бошқа қоришма тайёрлаганда сув миқдори кўп олинса, унинг ғоваклиги ортади, натижада унинг мустаҳкамлиги камаяди.

Барча боғловчилар тишлашиш ва қотиш жараёнида ўзидан иссиқлик чиқаради. Боғловчининг тишлашиш даври ва қотиш жараёни тез бўлса, унинг иссиқлик чиқариши ҳам ортади.

Боғловчиларнинг ўзидан иссиқлик чиқариш хусусияти, айниқса совуқда бетон ва бошқа қоришмалар тайёрлашда катта аҳамиятга эга. Аммо жуда йирик яхлит бетон иншоотлар

қуришда, масалан, гидротехник қурилишларда бетоннинг ички қисмидаги иссиқлик ташқи қисмидагига нисбатан ортиб (айрим ҳолларда 100⁰С гача етади) температуралар фарқи кўпаяди. Натижада бетоннинг нотекис совиши бошланади, бу эса бетон плитасида дарзлар ҳосил қилувчи деформацияланишга олиб келади. Шунинг учун, гидротехник қурилишларда ўзидан кам иссиқлик чиқарувчи махсус цементлар ишлатилади.

2 – боб. 4-§. Ҳавода қотадиган боғловчи материаллар

Гипсли боғловчи моддалар. Гипсли боғловчи моддалар кўйдирилган гипс-тошини майда қилиб тўйиб ҳосил қилинади (гипс-тош асосан таркибида икки молекула суви бўлган кальций сульфатли $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ дан иборат). Гипс-тошининг кўйдирилиш температурасига ва шароитига қараб қурилиш гипси, жуда мустаҳкам гипс ҳамда ангидридли цемент ҳосил бўлади.

Қурилиш гипси. Таркибида икки молекула суви бўлган кальций сульфатли чўкинди тоғ-жинси гипсни ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), сувсиз гипс деб аталувчи ангидрид тошни (CaSO_4) ва айрим саноат чиқиндиларини пишириб гипсли боғловчилар олинади. Стандартда кўрсатилишича, биринчи нав гипс ишлаб чиқариш учун таркибида $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ нинг миқдори 90%, иккинчи нав учун эса 65% дан кам бўлмаган табиий гипс-тош керак.

Табиий гипс-тош оқ рангли, қаттиқлиги 2 (Моос шкаласи бўйича) зичлиги 2200...2400 кг/м³ бўлган жинсдир. Гипс-тош захираларининг энг каттаси Ўзбекистонда Бухора вилоятида мавжуд (Когон гипс кони).

150...170⁰С температурада кўйдирилган гипс тошни тўйиб майдалаб олинган махсулот қурилиш гипси деб аталади.

Икки молекула суви бўлган кальций сульфатни 65⁰С да қиздирилганда у ўз хусусиятини ўзгартиради ва таркибидаги сув аста секин йўқолиб, дигидратациялана бошлайди. Бунда гипс-тош 1,5 молекула сувни йўқотиб, ярим молекул сувли гипсга секин айланади, бу қуйидаги реакция билан ифодаланади.



Гипс-тош 140...170⁰С температурада кўп миқдорда сувни йўқотиб, ярим сувли, тез қотувчи ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) гипсга тез айланади. Бундай боғловчи баъзан *алебастер* деб ҳам аталади.

Шундай қилиб, қурилиш гипси ҳосил қилиш юзасидан белгиланган техникавий вазифа икки молекула сувли гипсни ярим молекула сувли гипсга айлантиришдан иборат экан. Табиий кальций фосфатларини фосфат кислота ҳамда концентрацияланган фосфор ўғитларига гидро-

кимёвий усулда айлантириш натижасида олинган чиқинди-фосфогипс саноат учун йирик хом ашё манбаи ҳисобланади.

Махсус ишлаб чиқилган усуллар асосида фосфогипсдан сифати энг яхши табиий хом ашедан ҳосил қилинадиган маҳсулотдан, қолишмайдиган тайёр боғловчи модда олиш мумкин.

Гипс ишлаб чиқариши. Қурилиш гипси уч хил усулда ишлаб чиқарилади:

Гипс-тошни кукунлаб туйилади ва пиширилади.

Гипс-тошни майдалаб пишириб, сўнг туйилади.

Гипс-тошни майдалаб, юқори босимли сув буғида ишланади ва қуритилиб туйилади.

Гипс-тошни, асосан, шахтали ва айланма хумдонларда ёки буғлаш қозонларида пиширилади. Шахтали хумдонларига гипс-тош 70...300 мм йирикликда солинади, айланма хумдонларга 15 мм гача бўлган йирикликда, буғлаш қозонларига эса 25...50 мм йирикликда солинади: қозонларда пиширганда эса гипс-тош кукун қилиб туйилган ҳолда солинади. Гипс-тошни пишириш усули энг аввал хом ашёнинг хусусияти, олиннадиган маҳсулотга бўлган талабга қараб танланади.

Гипс-тош болғали майдалагичларда ёки пўлат шарли (золдирли) тегирмонларда майдаланади. Агар уни кукун даражасигача туйиш керак бўлса, аввал қуритиб кейин майдаланади. Гипс-тошни қуритиш, туйиш ва пиширишни шахтали ёки ғилдиракли тегирмонларда бажариш мумкин.

Амалда гипсни *қайновчи* деб аталувчи қозонларда пишириб олиш усули кенг тарқалган. Пўлат цилиндр ва вертикал ўққа ўрнатилган қорғичдан иборат бўлган қозонга кукун қилиб туйилган гипс солинади. Қозоннинг диаметри бўйлаб тўртта иситгич трубалари ўтказилган. Улар солинаётган хом гипсни пиширади ва тайёр маҳсулот қозон тагидаги ғалвир орқали гипс йиғувчи бункерга тушади. Қозоннинг 2 м³ хажмининг иш унуми 2 соатда 1000 кг га тенг. Гипс кукунининг қозонда пишиш вақти 1...1,5 соат.

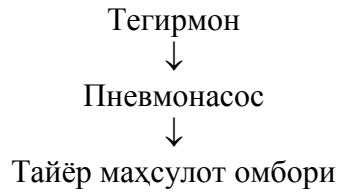
Асосан ярим сувли гипсдан иборат бўлган ва гипс-тошдан иборат термик ишлаш йўли билан тайёрланадиган қурилиш гипси деб аталувчи маҳсулотни фосфогипсдан ҳам олиш мумкин. Ярим сувли гипснинг таркибида 38,63% CaO, 55,16% SO₃ ва 6,21% H₂O бор.

МДХ даги кўпгина илмий тадқиқот муассасалари фосфогипс чиқиндиларидан фойдаланиш масаласи устида тадқиқот ишлари олиб бормоқдалар. Арманистон Республикаси ФА Умумий анорганик кимё институтининг ВНИИСтром (Россия) билан ҳамкорликда ишлаб чиққан фосфогипсдан техникавий гипс ишлаб чиқариш методи-суяқ муҳитларда қўшилмалар иштирокида (жараён «ташаббусчи»лари) босим остида фосфогипсни дигидратациялашга асосланган бўлиб, олинган α-ярим молекула сувли гипс филтьирланади, иссиқ сувда чайиб қуритилади (схемага қаранг).

Институт тавсия этган схемага биноан фосфогипс лентали транспортёр ёрдамида пульпа тайёрлаш учун «чан»га (сиғимга) узатилади. Пульпада суюқ ва қаттиқ фазалар нисбати $C:Қ=4:1$. Кейин пульпа марказидан қочирма насос орқали қуюлтиргичга юборилади. Оқова сувлар канализацияга туширилади, қуюлтирилган пульпа эса ($C:Қ=1:1$) марказдан қочирма насос ёрдамида репульпатор орқали қабул қилгичга узатилади ва бу ерда «ташаббусчи» қўшилади. Кристалланиш жараёнини нормал ҳолга келтириш мақсадида калий ёки барий малеинат ёхуд дастлабки фосфогипс массасининг 0,1% миқдорида ҳар икки модда аралашмасидан фойдаланиш тавсия этилади. Қабул қилгичдан репульпатор орқали марказдан қочирма насос воситасида қуюқ пульпа хом пульпа «чан»ига ҳайдалади, бу ердан вентиль рослагич ва марказдан қочирма насос ёрдамида қуюқ ва хом пульпа аралашмаси кетма-кет ўрнатилган автоклавлар орқали ўтказилади, бу автоклавларда гипс дегидратацияланади. α -ярим гидратли қайноқ пульпа игнали ростлагич ҳамда иссиқлик алмаштиргичдан ўтади ва аралаштиргичли қабул қилгич бакида тўпланади. Бу бак буғдан исийдиган змеевик най билан таъминланган.

Фосфогипсни α -яримгидратга айлантириш схемаси





Пульпа температураси 90...95⁰С дан пасаймаслиги учун лентали филтирда филтирланади. Филтрат ресивердан бакка юборилади, у ерда эса насос ёрдамида «чан»га қайтарилади. Қаттиқ фаза (яъни гипс) лентали транспортёрда куритилгич барабанга узатилади. Куриган гипс бункерда тўпланади. Шу йўсинда ҳосил бўлган гипс қоғоз қопларга жойланади.

Чиқадиган газлар натрий метасиликат эритмаси ёрдамида ювилиб, фторли газлардан тозланади.

П.Ф. Гордашевский ва В.В. Иваницкийнинг (ВНИИСтром) маълумотига кўра, фосфогипсдан бундай усулда α -ярим гидрат тайёрлашда 300-500 маркали маҳсулот ҳосил бўлади.

5-§. Гипсининг характеристикаси

Ўз кристалл структурасига кўра гипсининг қуйидаги асосий хиллари бўлади: шарсимон синиқ майда донали зич гипс ёки бўшлиқда тартибсиз йўналадиган йирик донали гипс (алебастр); ипаксимон товланадиган, тўғри жойлашган, ипсимон кристаллардан таркиб топган толали жинс ҳамда қатлам структурали ясси тиниқ кристаллар тарзида жойлашган пластинкасимон гипс.

Таркибида икки молекула сув бўлган гипс моноклин сингонияга мансуб. Унинг кристалли тўри Ca^{2+} ионлар ҳамда SO_4^{2-} сульфат тетраэдраларини ўз ичига олган сув молекулаларидан иборат қатламлар билан бўлинган қаватлардан таркиб топади. Координация сони 8 бўлган Ca^{2+} ионлари ва SO_4^{2-} иони билан сув молекулаларига нисбатан бир-бири билан кучлироқ боғланган. Шунинг учун сув молекулалари жойлашган (012) юзаларга кўра икки гидрат кристаллари ниҳоятда бирикувчанлиги билан фарқланиб туради. Бирикувчанлик (111) бўйича камрок, (100) бўйича эса суст. Икки молекула сувли гипс қизиганида дастлаб сув молекуланинг Ca^{2+} ва SO_4^{2-} ионлари билан сустроқ боғланишлари узилади ва кристалл тўрдан сув йўқолади.

Одатда гипс устунсимон ва таблеткасимон шаклларда кристалланиб, кўпинча қалдирғоч думини эслатувчи кўшайрилар ҳосил қилади. Шунингдек, қирралари қийшиқ ва юзаси силлик ёстиксимон кристаллар ҳам гипс учун хос. Кўшайри тизимлар ҳосил бўлиши туфайли икки ёки

бир неча тарсаксимон қайрилган шаклдаги кристаллар ҳам учрайди. Кристаллар баъзан йирикроқ шохшабба шаклларга бирлашади. Кристалларнинг ёруғлик нурини синдириш кўрсаткичи:

$$N_g=1,5305; N_p=1,5207.$$

Оптик ўқлар оралиғидаги бурчак $2V=58^{\circ}$. Гипс кристаллари рангсиз ва шаффоф, бироқ таркибида аралашмалар бўлса, хилма-хил, масалан, кул ранг, сарғимтир, қизгимтир рангларга эга бўлади. Гипсда бир текис тарқалган оз миқдордаги аралашмалар гипсдан ҳосил қилинадиган боғловчи модданинг сифатига салбий таъсир кўрсатмайди.

Гипс-тошнинг зичлиги ундаги аралашмаларга боғлиқ бўлиб $2200 \dots 2400 \text{ кг/м}^3$ ни ташкил қилади. Гипсдан тайёрланган шағалнинг ҳажмий массаси $1300 \dots 1600 \text{ кг/м}^3$ дан иборат бўлиб, намлиги кескин раишда $3 \dots 5 \%$ ва ундан кўп чегарада ўзгариб туради. Мосс шкаласи бўйича гипснинг қаттиқлиги 2.

Гипснинг сувда эрувчанлиги (кальций сульфат ҳисобида) 18°C температурада – $0,2\%$ 40°C температурада $0,21$ ва 100°C да – $0,17 \%$. Шунини айтиш керакки, температуранинг 32°C дан 41°C гача оралиғида гипснинг эрувчанлиги энг юқори бўлади. Турли тадқиқотчиларнинг маълумотларига кўра, гипснинг сувда эрувчанлиги турлича. Гипснинг сувда эрувчанлиги гипснинг ўта тўйинган эритмалар ҳосил қилиш қобилиятига, шунингдек унинг кристалларининг катта кичиклигига боғлиқ. Гуллетнинг маълумотига кўра 25°C да гипснинг эрувчанлиги, кальций оксид ҳисобида 2 мкм катталигидаги кристаллар учун $2,08 \text{ г/л}$ га етади, кристаллар катталиги $0,3 \text{ мкм}$ бўлганда эса эрувчанлик $2,47 \text{ г/л}$ га тенг. Агар кальций оксид гидрати иштирок этса, кальций сульфатнинг эрувчанлиги сусаяди. Гипснинг суюлтирилган хлорид кислота ва азот кислоталардаги, шунингдек айрим туз эритмалардаги эрувчанлиги сувдагига нисбатан юқори.

Иссиқлик ўтказувчанлик гипсда паст булиб, $1,6 \dots 46^{\circ}\text{C}$ температурада $0,3 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ га тенг. Ангидритнинг кристалл тўри ҳар бири тўрттадан молекулали элементар катаклардан иборат бўлиб, зич жойлашиши туфайли кальций сульфат бошқа турларнинг кристалл тўрларига қараганда анча мустаҳкам.

Икки молекула сувли гипсдан фарқли ўлароқ ангидрит ўзаро перпендикуляр ҳолатдаги уч йўналишда мустаҳкам бирикиш қобилиятига эга. Ангидрит кристаллари асосан майда бўлиб уларни ажратиш турувчи юзаси ғадир-будир чизиклар билан ўйилган. Ангидритнинг синдириш кўрсаткичлари:

$$N_g=1,614; N_p=1,57$$

Соф ангидрит оқ рангли бўлиб, ўз аралашмаларига қараб у гипс сингари хилма-хил тусга киради. Ангидрит икки молекула сувли гипсга нисбатан анча зич ва мустаҳкам жинсдир. Унинг зичлиги 2900...3100 кг/м³.

6-§. Сувли ва сувсиз кальций сульфат модификацияси.

Температура ва қизиш шароитларига боғлиқ холда сувли кальций сульфатнинг турли модификацияларини ҳосил қилиш мумкин, улар кристалларнинг зичлиги, шакли ва ўлчамлари гидратация иссиқлиги, иссиқлик сиғими, оптик хусусиятлари ва бошқа хусусиятлари билан бир-биридан фарқ қилади.

Кальций сульфат модификациясини, уларнинг барқарор мавжудлик шароитларини, бирининг икинчисига айланишини текширишга бир қанча тадқиқотлар бағишланган (Ле Шателье, Вант Гофф, А.А. Байков, Д.С. Белянкин, П.П. Будников, Келли, Суттард ва Андерсон, Флеркс ва бошқалар). Бироқ ҳозирга қадар унинг сувли ва сувсиз модификациялари сони, уларнинг структуралари ҳамда физик-кимёвий хоссалари хусусида ягона фикр йўқ. Д.С.Белянкин ва Л.Г.Берг тадқиқотлари бўйича шунингдек, Келли, Суттард ва Андерсон маълумотлари асосида кальций сульфатнинг қуйидаги модификациялари маълум:

- 1) Икки молекула сувли кальций сульфат (гипс) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- 2) α – ярим молекулали сувли кальций сульфат (α - ярим гидрат) α - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, β - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$
- 3) β – ярим молекула сувли кальций сульфат (β - ярим гидрат)
- 4) α – сувсизлантирилган ярим гидрат α - CaSO_4
- 5) β – сувсизлантирилган ярим гидрат β - CaSO_4
- 6) α – эрувчан ангидрит α - CaSO_4
- 7) β – эрувчан ангидрит β - CaSO_4
- 9) эримайдиган ангидрит (одатда ангидрит деб аталадиган) CaSO_4

Гипс сувсизлантирилганда дастлаб ярим гидратга айланади, сўнгра қизиш жараёнида сувсиз модификацияларга-ангидритларга айланади. α – ва β - модификацияларининг ҳосил бўлиши иссиқлик тасирида ишлов бериш шароитларига боғлиқ.

β - ярим гидрат деб аталувчи модификация дигидратация жараёнида сувнинг буғ холида чиқиш шароитида ҳосил бўлиб натижада бу модификация зарралари ички юзаси анча ривожланган структура ҳосил қилади.

β - ярим гидратдан фарқли равишда α – ярим гидрат гипсга сувда ёки туз ва кислотанинг сувдаги эритмаларида иссиқлик таъсирида ишлов берилаётганда ҳосил бўлади. Бунда сув суёқ томчи холатида ажралиб, α - ярим гидратнинг зич кристаллари ҳосил бўлиши учун шароит туғилади. Натижада β - ярим гидратнинг заррачаларининг солиштирма сатҳи α - ярим гидратникига нисбатан анча (2,5...5 марта) юқори бўлади.

Заррачалар ички сатҳининг хилма-хиллиги ёрдамида β ва α ярим гидратларнинг синдириш ва зичлик кўрсаткичларидаги фарқни изоҳлаш мумкин.

α ярим гидрат сувда қорилганда β -ярим гидратга нисбатан кам сув сарфлаб қўзғалувчанлиги кераклича бўлган хамир олиш мумкин. Демак, гипснинг α -ярим гидратли модификациясидан қотган гипс β -ярим гидратлига нисбатан анча зич ва мустаҳкам бўлади. Агар α ва β ярим гидратлар тенг ҳажмдаги сувда қорилса, ҳосил бўладиган гипс-тошнинг мустаҳкамлиги ҳам ўзаро тенг бўлади.

Сувда қорилганда α -ярим гидрат β -ярим гидратга нисбатан бирмунча суст тишлашади, бунда β -ярим гидрат заррачалари чинакам сатҳининг юқори даражада ривожланганлиги туфайли гидратация тезлиги ортади.

7-§. Ярим молекула сувли гипснинг қотиши.

Ярим молекула сувли гипснинг тишлашиш ва қотиш механизми ҳақидаги масала кўп вақтлардан бери тадқиқотчилар диққатини жалб этиб келади.

Ле-Шателье (1887 й) назариясига кўра, гипснинг тишлашиши ва қотиши куйидагича кетади. Ярим молекула сувли гипс сувда аралаштирилганда, у эриб метастабил тўйинган сувли эритма ҳосил бўлади. У эритмада ярим гидрат сув билан ўзаро таъсирлашиб, икки молекула сувли гипсга айланади ва эритмадан ажралиб чиқади, ярим гидратнинг сувда эрувчанлиги 20°C температурада 8 г/л, икки гидратнинг эрувчанлиги эса 2 г/л. Ўта тўйинган эритмадан икки молекула сувли гипс ажрала борган сари унинг кристаллчалари кўпаяди, бир-бири билан чирмашиб битишиб, бошланғич аралашманинг тишлашиши ва қотиши учун имкон яратади. Тишлашиш бошлангандан сўнг қотаётган гипс структурасининг бўзилиши унинг мустаҳкамлигини кескин пасайтириб юборади, шунинг учун кристаллар энди ҳосил бўла бошлаганда тишлашишнинг дастлабки босқичида гипс структурасини бузиши мумкин.

Кейинчалик ярим молекула сувли гипснинг (шунингдек, бошқа боғловчи моддаларнинг) А. А. Байков томонидан ишлаб чиқилган назарияси ўртага ташланди. Бу назарияга биноан қотиш жараёни уч босқичга бўлинади. Биринчи босқичда сувда яримгидрат эриб, унинг

тўйинган эритмаси ҳосил бўлади. Биринчи босқич билан деярли бир вақтда бошланувчи иккинчи босқичда сувнинг ярим молекула сувли гипс билан ўзаро таъсири кетади. Бунда икки молекула сувли гипс коллоид ўлчамидаги (0,2 мкм дан кичик) юқори даражада дисперсланган кристалл зарралар тарзида ҳосил бўлиб, айна вақтда аралашманинг тишлашиши рўй беради.

Учинчи босқичда икки гидратнинг ўта эрувчан майда зарралари қайта кристалланиб яна ҳам йирик кристаллар ҳосил қилади, бу эса ўз навбатида системанинг қотишини ва унинг мустаҳкамлигини ортишини таъминлайди.

Сўнги ўн йиллар мобайнида боғловчи моддалар, хусусан, гипсли моддаларнинг қотишига оид юқорида кўрсатиб ўтилган асосий назариялар яна ривожланди. Чунончи, В.Н.Журавлев, С.Д.Окороков, М.И.Стрелков, Г.Н.Сиверцев ва бошқалар боғловчи моддалар қотишининг коллоид-кимёвий назариясини ривожлантиришди.

С.Д.Окороков боғловчи моддаларнинг қотишини ўрганиб, коллоидланиш босқичининг бўлиши шарт ва шу босқичда қоритқи сувнинг таъсирида қаттиқ модданинг дисперсланиш жараёни кетади деган хулосага келди.

В.Н.Журавлев фикрича, кристалл тўр юзалари сувни цеолит сингари сингдириши натижасида боғловчи минераллар гидратацияланади. Доналар сиртида тўпланган гидратацияланган қобиклар секин-аста емирилиб, гидратнинг қўплаб майда кристаллари тарзида қоритқи сувига ўтади, шу вақтда таранг ҳамда деформацияланган кристалл тўр барқарор нотаранг тўрга айланади. Бунда гипснинг қотиш жараёнида гелнинг кристалл пайвандланиш тарзидаги қайта кристалланиши туфайли мустаҳкамлик ортади.

М. И. Стрелков маълумотига биноан, ярим молекула сувли гипснинг зарраларига дастлаб сув текканда аввал нотўғри шаклли майда зарралар тарзидаги қисман гидратланган ярим гидратга айланади. Бундай зарралар осон эрийдй (чунки уларнинг структурасида нуқсонлар бор)ва аввал пластинкасимон ҳамда игна-симон кристалларга айланади, кейин икки гидратнинг яхлит пайвандланган, чирмашган кристаллари ҳосил бўлади.

В.В.Константинов ва Н.В.Топчиева, гипснинг қотиш жараёнини микроскоп остида ўрганиш асосида ярим молекула сувли гипснинг қаттиқ фазасида сув билан бевосита бирикиш йўли билан ярим молекула сувли гипс гидратацияланади деган фикрга келдилар. Эйпельтауэр ўтказилган тажрибалар ҳам ярим молекула сувли гипснинг сувда эрмай туриб тўғридан-тўғри сув билан бирикиши мумкинлигини кўрсатди.

П.А.Ребиндер, Е.Е.Сегалова, В.Б.Рашинов, О.В.Кунцевич ва бошқалар Ле Шателье фикрининг тўғри эканлигини исботладилар. П.А.Ребиндер ва Е.Е.Сегалова ўз изланишларида ярим молекула сувли гипс Ле Шателье схемаси бўйича гидратацияланиб, кристалланган структура ҳосил қилишини кўрсатиб бердилар. Улар мустаҳкамлик ортишининг тўхташини

ёки, ҳатто унинг ярим молекула сувли гипснинг бутунлай икки молекула сувли гипсга айлангунига қадар мустаҳкамлик пасайишини — қотган жисмнинг яхлит кристаллизация структураси ҳосил бўлишига олиб келувчи битиш чоқларида кристалларнинг муайян йўналишда ўсиш жараёнида ҳосил бўладиган ички кучланишлар таъсирида структуранинг қисман бўзилиши билан изоҳлашди. Гипс сувга қорилгандан сўнг 30...40 минут ўтгач, яъни боғловчи модданинг гидратацияланиш жараёни тугаши олдидан нам ҳолатдаги энг юқори мустаҳкамлик таъминланади. Мустаҳкамликнинг бундан кейинги ортиши гидратация билан эмас, балки сувнинг буғланиши ва материалнинг қуриши билан изоҳланади. Кристаллар юзасини намлаб турувчи сувнинг йўқолиши (парланиб кетиши) биринчидан мустаҳкамликнинг ортишига олиб келади, иккинчидан эса кристалларнинг бир-бирига нисбатан сирғалишини йўқотади ва оғирлиқ остида силжиш деформациясини кескин камайтиради.

П.А.Ребиндер ва Е.Е.Сегалова бир гуруҳ илмий ходимлар билан олиб борган тадқиқотлари натижасида куймаларнинг мустаҳкамлиги кристалларнинг катта-кичиклиги билан улар ўртасидаги туташув майдонларининг нисбатига боғлиқдир, шу нисбатни ўзгартириш йўли билан гипснинг қайта кристалланиш вақтида унинг мустаҳкамлигини пасайтириш мумкин деган хулосага келдилар. Бу тадқиқотчиларнинг фикрича, гипснинг қотиш тезлигини камайтириш орқали мустаҳкамликни минимал даражагача камайтирса бўлади.

О.В.Кузнецович, Я.Л.Забезинский, В.Б.Ратинов ва бошқаларнинг тадқиқотларида гетероген системаларда фазовий ўзгаришлар ҳақидаги маълумотлар асосида қотишнинг кристалланиш механизми назарияси янада ривожлантирилди. Масалан, В.Б.Ратинов ва бошқалар гидратнинг янги ҳосилаларининг кристаллга айланиш жараёни сифатида гидратация кинетикасини миқдорий тавсиялашди: Гидратланиш реакциясининг давомлилиги ярим молекула сувли гипс суспензияларида вужудга келадиган тўйиниш миқдори билан белгиланади, турли қўшилмаларнинг қотиш жараёнига тезлатгич ва секинлатгич таъсири ярим гидрат, шунингдек, икки гидратнинг эриш тезлигига боғлиқ.

Бунда ярим гидратнинг ҳосил бўлаётган икки гидратга нисбатан тўйиниш даражасига (C_p/C_o) боғлиқ равишда кристалланиш жараёнининг тезлашиши ёки секинлашиши мумкин. C_p/C_o нинг ортиши кристалланишни тезлаштиради ва аксинча, C_p/C_o нинг камайиши бу жараённи сусайтиради. Бинобарин, эримайдиган ангидритда боғловчилик ҳоссаларининг деярли бутунлай йўқлигини α -ва β - $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2} H_2O$ га нисбатан анча тўйинган эритмалар ҳосил қиладиган эрувчан ангидрит ҳамда сувсизлантирилган ярим гидратнинг қотиш тезлиги икки гидратга нисбатан юқори эканини шу билан изоҳлаш мумкин.

А.В.Волженскийнинг фикрича, гидрат бирикмаларининг ҳосил бўлиш механизми дастлабки моддаларнинг хоссаларига ва улар билан сув ўртасида реакция кетадиган шароитларга боғлиқ. Бунда боғловчи моддаларнинг, айниқса полиминерал моддаларнинг ўзаро таъсири икки ёқлама бўлиши мумкин: сув муҳити орқали уларнинг эриши билан, яъни Ле Шателье схемаси бўйича ва сувнинг дастлабки материалга тўғридан-тўғри бирикиши билан, яъни Михаэлис ҳамда А.А.Байков схемаси бўйича.

Сув билан ўзаро таъсирлашувда боғловчи моддалар реакцияга қанчалик мойил бўлса ва ундаги заррачаларнинг ташқи ва ички юзалари қанчалик катта бўлса, шунингдек, боғловчи моддалар қоришмада сув қанчалик кам ва қоришма температураси қанча юқори бўлса, сувнинг қаттиқ фаза билан тўғридан-тўғри бири-киши учун имконият шунча қулай ҳисобланади.

А.В.Волженскийнинг фикрича, қотиш жараёнини текшириш фақат гидратация механизмини аниқлашдангина иборат бўлмаслиги керак; сувнинг бирикиш жараёнининг ўзи эмас, балки унинг гидратация маҳсулотини хусусиятига таъсири, ҳосил бўладиган гидрат заррачаларининг когезион хоссаларига, уларнинг дисперслиги ва шаклларига боғлиқ бўлган гидратация маҳсулотларининг боғловчилик хусусияти ва техникавий хоссалари катта аҳамиятга эга. Янги ҳосил бўлган ҳосилаларнинг заррачалари қанчалик дисперс бўлса, олимларнинг фикрича, уларнинг боғловчилик қобилияти шу қадар юқори бўлади.

Шуни таъкидлаб ўтиш керакки, гидратларнинг ҳосил бўлиш механизмига қараганда, қотган тош структурасининг шаклланиш жараёни ҳақидаги фикрлар бир-биридан кескин фарқ қилади.

П.А.Ребиндер, Е.Е.Сегалова ва бошқалар, шунингдек А.Ф.Полакнинг фикрича, икки гидрат кристаллга айланишида структура ҳосил бўлиши икки босқичда кетади. Биринчи босқичда кристалловчи структура синчлари шаклланиб, янги ҳосил кристаллчалари билан кристалларнинг эҳтимолий ўсиши ўртасида бирикув (контакт) юзага келади. Иккинчи босқичда эса янги кристалланиш контактлари вужудга келмайди, балки мавжуд синчларининг атрофи қопланаверади, яъни уни ташкил этувчи кристаллчаларнинг ўсиши кузатилади. Бунда, ҳам структура мустаҳкамлиги ортади, ҳам кристалларнинг муайян йўналишда ўсиши натижасида вужудга келадиган ички чўзувчи кучланишлар ҳосил бўлиши ҳисобига структура мустаҳкамлиги камайиши мумкин. Қотишнинг натижавий мустаҳкамлиги кўп жихатдан қотаётган суспензиянинг суюқ фазасида туйиниш миқдори ва кинетикаси билан белгиланади, бу эса бирламчи боғловчи модданинг эрувчанлигига ва уни эришининг умумий тезлигига боғлиқ. Кристалларнинг ўсиши учун қанчалик қулай шароит яратилса (тўйиниш ва реакция умумий тезлиги кам бўлса), структура мустаҳкамлигини пасайтирувчи кучланишлар шу қадар кўп бўлади. Аксинча, кристаллчаларнинг янги мўртаклари ва улар ўртасидаги туташувнинг

ҳосил бўлиши учун қанчалик қулай шароит вужудга келса (юқори даражада тўйиниш, эришнинг умумий тезлиги катта бўлиши), кучланиш шу қадар пасаяди. Бироқ қотиш структурасини ташкил этувчи кристаллчаларнинг жуда майдалилиги унинг мустаҳкамлигини сусайтиради. Мутахассисларнинг фикрича, структура мустаҳкамлигининг энг юқори бўлишига эришиш учун гидратация жараёни оптимал шароитларда ўтиши керак. Бундай шароитлар паст кучланишларда етарли катталиқдаги янги ҳосила кристаллчалари ҳосил бўлишини таъминлайди, айна вақтда кристалланиш структурасининг шаклланиши ва ривожланиши руй беради. Е. Стокелс олиб борган тадқиқотларнинг кўрсатишича, қотиш структураларининг ҳақиқий мустаҳкамлиги, айтилганлардан ташқари, бирикув ерларида узун кристалчаларнинг боғдаги боғлиқлиги билан ҳам белгиланадики, бу боғлиқлик «шартли-коагуляция» деб аталади. Бу боғлиқликлар коагуляция боғлиқликларга нисбатан анча мустаҳкам. Улар материал қуриганда намоён бўлади. Бироқ материал намланганда уларнинг мустаҳкамлиги коагуляция контактларининг мустаҳкамлиги даражасига қадар пасаяди, навбатдаги тўлиқ қуриши натижасида мустаҳкамлик яна тикланиши мумкин.

Шундай қилиб, структуранинг мустаҳкамлиги тўйинган эритмалардан иборат гидрат бирикмаларининг кристалланиши билан таъминланади. А. А. Байковнинг фикрича юқорида айтилганидек, қотаётган система мустаҳкамлиги янги ҳосила зарраларининг қайта кристалланиши ҳисобига ортади. Майда кристаллчаларнинг айнан кимёвий ва модификация таркибига эга бўлган йирик кристаллчаларга нисбатан юқори даражада эрувчанлиги қайта кристалланиш имконини беради. Бу ўринда таркиби бир хил бўлган кристаллар йириклашади, ваҳоланки, кристалланиш кристаллар кимёвий таркибининг ёки структурасининг ўзгаришига боғлиқ. Қайта кристалланиш термодинамик жихатдан муқаррар жараёндир, чунки майда кристаллчалар ортиқча эркин сирт энергиясига (шунга мувофиқ тарзда катта эрувчанликка) эга, кристаллар йириклаша борган сари бу энергия ҳам камаяди. Қайта кристалланиш ва кристалларнинг йириклашуви одатда (жумладан, А.А.Байков тахмин қилганидек), материал мустаҳкамлигининг ортишига эмас, балки камайишига олиб келади, майда кристалл структуранинг мустаҳкамлиги эса юқори. Шунга мувофиқ ҳолда А.В.Волженский янги ҳосилалар структурасини бетоннинг физик ва физик-механик хоссаларига таъсири ҳақидаги гипотезасини яратди. Янги ҳосилалар дисперс заррачаларнинг аҳамияти ҳамда уларнинг боғловчи қобилятини белгиловчи сирт энергияси потенциали ҳақидаги фикрлар шу гипотезанинг асосини ташкил этди. Уриниш нуқталари сони кўп бўлганда боғловчилик қобиляти Ван-дер-Ваальс кучларининг ишқаланиши, шунингдек, кимёвий боғларнинг ривожланиши туфайли юзага чиқади. Шундай қилиб, янги ҳосилалар заррачаларининг максимал солиштирма сирти системасига эришилганда энг юқори мустаҳкамлик

таъминланади. Бироқ А.В.Волженскийнинг фикрича, янги ҳосилалар заррачаларининг боғловчи қобилиятга эга бўлишига фақат уларнинг дисперслиги эмас, балки когезия формаси ҳамда уларнинг ўзига хос хоссалари таъсир кўрсатиши керак.

Гидрат янги ҳосилалари зарраларининг юқори даражада дисперслиги, айниқса юқори дисперс заррачаларнинг сув адсорбциясига анча мойиллиги туфайли, заррачаларнинг, қотган системаларнинг сирғанувчанлик пластик деформациясига мойиллигини оширади.

Умуман А.В.Волженский гипотезасига кўра, цементловчи моддаларнинг ҳосил бўлиш механизмида бирор мустаҳкамликка эришиш куйидагича намоён бўлади. Боғловчи модда қотишининг бошланғич босқичида геллар хусусиятига эга бўлган юқори даражада дисперс ҳолидаги зарралар тарзида гидрат бирикмалари ҳосил бўлади. Бунда система мустаҳкамлиги биринчи навбатда юқори дисперс зарралар концентрациясининг кўпайиши ҳисобига ортади. Шу билан бир вақтда, илгари ҳосил бўлган заррачаларнинг йириклашув жараёни, бинобарин, улар солиштирма юзаси ва боғлаш қобилиятининг камайиш жараёни ҳам кетади. Қотиш вақтида янги ҳосилалар заррачаларининг умумий юзаси маълум даражагача катталашади. Кейинчалик у барқарорлашиш ёки экран пардаси вужудга келиб, системада дастлабки таркибий қисмлар миқдори камайиши, шунингдек қулай шароитда заррачаларнинг йириклашиш жараёни давом этиши сабабли боғловчи модданинг сув билан таъсирлашуви тўхташи натижасида реакция ҳам сусайиб кетиши мумкин. Бу жараён системанинг мустаҳкамлигига салбий таъсир этиши лозим, система мустаҳкамлиги қотишнинг сўнгги босқичида, янги ҳосилалар заррачаларининг солиштирма юзаси сингари, энг юқори даражадан ўтиши керак. Унинг бошланиши ҳам боғловчи моддаларнинг ҳосилалари билан, ҳам қотиш шароити билан белгиланади.

Янги ҳосилалар солиштирма юзасини гипснинг қотиш жараёнига таъсирини бир қанча олимлар текширганлар. Чунончи, Швитте ва Кнауф янги ҳосилалар солиштирма юзасини ВЕТ (азот адсорбциясини ўлчаш) усулида ярим гидратнинг сув билан таъсирида ўлчаганлар. Бунда гипс билан сув ўртасидаги оралик реакция, метанол намунасида ишлов берилиб, белгиланган вақтда тўхтатилади. Улар олган маълумотларга кўра, гипс намунаси солиштирма юзасининг максимал катталиги (12...27 м²/г) қорилгандан сўнг 3...8 минут вақт ўтгач қайд қилинди. Тақрибан 10 минутдан кейин намуналардан бирида қарийб 7...7,5 м²/г даражада, бошқасида эса 6...7 м²/г даражада солиштирма юза кўрсаткичлари барқарор ҳолга келди. Ушбу намуналарда бириккан гидрат суви миқдорини аниқлаш бўйича параллел олиб борилган тажрибаларда унинг миқдори энг юқори даражага ётгунча бирор кескин сакрашсиз 8...15 минут давомида текис кўпайиб борганлиги аниқланди.

Аниқланишича, ярим молекула сувли гипс қотиши жараёнида ҳосилалар кристаллари катталашади, бу эса уларнинг боғловчилик қобилиятига салбий таъсир кўрсатади. Лекин қўшимча миқдорда юқори дисперс янги ҳосилалар вужудга келиши ҳисобига мустаҳкамлик дастлаб ўсишда давом этади. Аммо маълум вақтда кристаллар ўсишининг салбий таъсири гидратация маҳсулотининг миқдорий кўпайишидан устунлик қила бошлайди; шунда контактлар сонининг камайиши ҳамда сирт энергияси потенциалининг пасайиши натижасида системанинг мустаҳкамлиги сусаяди.

Демак, бошқа барча тенг шароитларда қотган гипснинг мустаҳкамлиги янги ҳосилаларнинг дисперслигига боғлиқ экан.

8-§. Гипс боғловчиларининг қотишига қўшилмаларнинг таъсири

Қотиш хусусиятига кўра гипс боғловчилари иккига бўлинади: тез қотувчи гипс боғловчилари (қурилиш, ўта мустаҳкам, қолип ва медицина гипслари); секин қотувчи (ангидритли цемент ва юқори даражада кўйдирилган гипс) гипс боғловчилари.

Гипснинг тишлашиш ва қотиш вақтлари хом ашёнинг хоссаси, уни тайёрлаш шароити, сақланиш муддати ва шароитига, қўшиладиган сув миқдори (сув билан гипс нисбати — С/Г) боғловчи модда ва сувнинг температураси, аралаштириш шароитларига ва улар таркибида бирор қўшилмаларнинг борлигига боғлиқ.

Роланднинг фикрича, гипсда унинг эрувчанлигининг кучайтириш ёки секинлатиш имконини берадиган моддаларнинг борлиги гидратациянинг тезлашиши ёки секинлашиши учун шароит яратади. Унинг таъкидлашича, гидратация тезлиги ҳам эриган модда табиатига, ҳам унинг эритмадаги концентрациясига боғлиқ. Гипснинг (ярим гидратнинг) эрувчанлигини кучайтирувчи моддалар—тезлатгичлар, эрувчанлигини сусайтирувчи моддалар — секинлатгичлар ҳисобланади.

Ноорганик ва органик бирикмалар қўшилмасининг гипс эрувчанлигига, тишлашиш вақти ва қурилиш гипсининг мустаҳкамлигига таъсирини ўрганган Риддель ҳам шундай хулосага келган. Масалан, NaCl тузи ярим молекула сувли гипс ва экстрих-гипс гидратацияси тезлатгичи бўлиб, ангидритга таъсир этмайди. CaCl₂ эса ярим молекула сувли гипсга таъсир қилмайди, лекин экстрих-гипс ва ангидрит гидратациясини секинлаштиради. MgCl₂ тузи ярим молекула сувли гипсни гидратациясини тезлаштиради, экстрих-гипс ва ангидритни секинлаштиради.

Шуни таъкидлаш керакки, тишлашишни секинлатгич ва тезлатгичлар гипс буюмларининг натижавий мустаҳкамлигига салбий таъсир кўрсатади. Бироқ айрим сирт-актив моддалардан ўртача миқдорда (0,1...0,3%) қўшиш буюмлар мустаҳкамлигининг фақат уларни

юмшатувчи фактор сифатида ва сув-гипс нисбатининг камайиши ҳисобибагина эмас, балки ҳосил бўлаётган икки гидрат кристалларининг адсорбцион модификацияси ҳисобибагина ҳам ортишига имкон беради. Шунингдек, сирт-актив қўшилмалар ёрдамида, гипснинг доимий сарфи ўзгармаган шароитда, бетон аралашмасининг ҳаракатчанлигини ошириш мумкин.

Сўнгги вақтларда қотиш жараёнини вақт давомида нормага солиш учун баъзан сирт-актив моддалар ва стабилизаторлар билан биргаликда турли полимер моддалар ишлатилмоқда. Масалан, Ж.П.Докукина ярим гидратнинг тишлашиш тезлигини секинлаштириш учун дикарбон кислоталар сополимерларидан фойдаланишни тавсия этди. Улар сирт-актив модда бўлиб, фақат тишлашиш вақтини секинлатибгина қолмай, балки полимерлангандан сўнг турли структураларнинг ҳосил бўлишига имкон беради, бундай структуралар қотаётган гипснинг физик-механик хоссаларига яхши таъсир кўрсатади.

Кўпгина қўшилмалар, масалан, сульфит-спирт бардаси ва айникса, натрий абиетат ҳаво тортувчи моддалар ҳисобланади, бу моддалар бетонга қўшилганда бетон аралашмасида бир текис тарқалган ҳаво пуфакчалари сони ортади. Ана шундай қўшилмалардан фойдаланиш бетоннинг совуққа чидамлилигини оширади. Шунинг ҳам айтиб ўтиш муҳимки, ҳамир эластик ҳолатда бўлган ва қаттиқ структурали синчлари бўлмаган дастлабки даврда асосан контракция ва седиментация ҳисобибагина бетоннинг реакцияга киришиши кўзатилади. Ҳосил бўлаётган икки гидратнинг кейинги шиддатли кристалланиш даврида қотаётган система кенгай бошлайди. Органик секинлатгичлар, одатда, қотиш вақтида гипснинг қисқаришига олиб келади, қаттиқ структурали синчни эрта ҳосил қилувчи тезлатгичлар эса, аксинча, гипснинг кенгайишига имкон беради.

Гипсга қўшилма сифатида секинлатгич ва тезлатгичлардан фойдаланиш таркибий қисмлардан ҳар бирининг хоссаларидан фойдаланишга имкон беради. Шундай қилиб, қўшилмаларнинг таъсир қилиш хусусиятини билган ҳолда қотаётган гипснинг ҳажмий деформацияси миқдорини керакли йўналишда нормага солиб туриш мумкин.

Гипснинг тишлашиш тезлигини камайтириш ва буюмлар мустаҳкамлигини ошириш учун Шассевен сув-гипс қоришмаси температурасини 80°C дан юқори температурада сақлаб туришни тавсия этди, бунда у ярим гидрат билан тўйинган ва икки гидратга нисбатан ўта тўйинган қоришмада температура қанча юқори бўлса, ундаги гипс шунчалик ўзоқ вақт кристалланмай туришига асосланган. Ярим гидрат билан тўйинган қоришма температурасининг пасайиши гипснинг кристалланишини тезлаштиради. Шассевеннинг кўрсатишича, қоришмада 80°C температурада икки гидратнинг кристалланиш тезлиги 16°C температурадагига нисбатан 30 марта кам. $70\text{...}88^{\circ}\text{C}$ дан, юқори температурага киздирилган гипс аралашмаси бир неча соат давомида ҳаракатчан бўлиб тураверади (агар температура керакли режимда сақлаб

турилса). Бунда гипс совитилганда мустаҳкамлик камаймай, нормал тишлашиш кузатилади. Шассевен ўтказилган тажрибаларнинг натижалари амалий аҳамиятга эга, чунки бунда қорилган ёки қолипловчи агрегатда турган гипснинг тишлашишини маълум вақт кечиктириш ҳамда кўплаб миқдорда гипс ва гипс-бетон аралашмалари тайёрлаш имкони туғилади. Бундан ташқари, қоришма тайёрлашда сувни кам ишлатиш мумкин бўлади, бунинг натижасида эса буюмларнинг мустаҳкамлиги ортади.

Гипснинг қотиш жараёнида унинг ҳажми тахминан 1 % кенгаяди. Бу эса, гипсдан меъморчилик буюмлари тайёрлашда, ёриқларни беркитишда ва бошқа мақсадларда фойдаланишга қулайлик яратади. ГОСТда кўрсатилишича, қурилиш гипси тишлашишининг бошланиши 4 минутдан кейин, охири эса 6 минутдан 30 минутгача давом этиши керак. Демак, қурилиш гипси тез тишлашадиган ва тез қотадиган боғловчи моддадир.

Бу ҳол бир қанча ноқулайликларга сабаб бўлади, чунки қорилган гипсни тишлашиб қолмасдан илгари ишлатиш лозим. Агар тишлашиши жараёни бузилса, ҳосил бўлаётган кристалл ўсимталари парчаланиб кетади ва мустаҳкамлиги кескин камаяди. Шу сабабли гипсни тишлашгунга қадар ишлатиб тугатиш учун ёки оз-оз миқдорда қориш ёхуд гипсга тишлашиш жараёнини сусайтирувчи моддалар қўшиш мумкин.

Гипснинг тишланиш вақтини узайтириш учун унга махсус сусайтиргичлар қўшилади. Коллоид эритма ҳосил қилувчи, ярим сувли гипснинг (зичлиги $2500...2800 \text{ кг/м}^3$, уюм тарзидаги ҳажмий массаси $800...1100 \text{ кг/м}^3$, зичлаштирилган ҳолдаги ҳажмий массаси $1250...1450 \text{ кг/м}^3$) эриш тезлигини сусайтирувчи ва, натижада икки молекула сувли гипснинг кристалланишини кечиктирувчи материалларга суяк елими, козеин, желатин, глицерин, магний, кальций тузлари мисол бўлади. Гипснинг тишлашиш вақтини узайтириш учун 60°C гача иситилган сув ҳам ишлатиш мумкин.

Заводларда гипсдан бинокорлик буюмлари тайёрлаш ва уларни совуқда қотириш учун қурилиш гипсининг тишлашишини тезлаштириш талаб этилади. Бунинг учун қурилиш гипсига икки сувли гипс, ош тузи, калий сульфат, сульфат кислота, ишқорлар, кремний-фторидли калий ва бошқа бир қанча моддалар қўшилади.

Қурилиш фосфогипси ҳавода қотадиган боғловчи модда бўлиб, сув ичида қуриладиган иншоотларда ундан фойдаланиб бўлмайди, чунки бунда қотиш вақтида ҳосил бўладиган икки сувли гипс эриб, кристалл ўсимталари парчаланиб кетади ва мустаҳкамлиги кескин камаяди.

Гипс қайта қурилганда унинг мустаҳкамлиги яна тикланади. Гипсдан тайёрланган маҳсулотнинг сувга бу қадар чидамсиз бўлишининг асосии сабаби шундаки, сув пардаларининг қотган гипсдаги кристалл структуралари айрим элементларни ажратиб, парчаловчи таъсир кўрсатади. Гипсдан тайёрланган маҳсулот ёғингарчилик ва намликдан сақланса, у узоққа

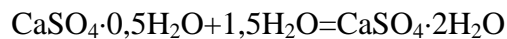
чидайди. Нам муҳитда тайёрланган гипсли буюмлар ўз мустаҳкамлигини 50% гача камайтиради. Сувда чидамлик хусусиятини ошириш учун гипсдан тайёрланган буюм ва қисмлар сув таъсир этмайдиган моддалар билан шимдирилади, уларнинг сирти бўялади ёки гипсга сўнмаган оҳак, цемент, шлак ва тош уни, кул ёки туйилган домна шлагги каби моддалар қўшилади.

Қурилиш гипси кўпроқ туйилса, жуда майин ва тез тишлашувчи қолипбоп гипс ҳосил бўлади.

Қурилиш гипси ўз сифатига кўра икки навга бўлинади. Гипснинг' чўзилишдаги мустаҳкамлик чегараси 40x40x160 мм ўлчамли қолипга куйиб тайёрланган намуналарда аниқланади. ГОСТ талабларини қаноатлантирадиган гипс қоришмасини тайёрлаш учун сув миқдорига катта аҳамият бериш керак.

1-нав қурилиш гипсини сув билан қориштирилганда 1,5 соат вақт ўтгач, сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси камида 4,5 МПа, 2- нав гипсники эса 3,5 МПа бўлиши керак.

Гипснинг қотиши. Гипснинг қотиш жараёни унинг гидратацияланиши билан бошланади, яъни бунда ярим молекула сувли гипс қайтадан кристалл ҳолатдаги икки молекула сувли гипсга айланади:



Аслида гипснинг қотиши учун кам сув талаб қилинса ҳам, гипс қоришмасини ишлатиш қулай бўлиши учун сув кўпроқ солинади. Буюмнинг мустаҳкамлигини ошириш учун ундаги ортикча сув қуритиш йўли билан йўқотилади.

Академик А.А.Байковнинг назарияси бўйича, гипс қотаётганда асосан, куйидаги физик-кимёвий жараёнлар руй беради. Ярим молекула сувли гипс сувда қисман эриб, икки молекула сувли кийин эрувчан гипс ҳосил қилади. Гипс заррачалари *гель* деб аталувчи елимсимон ҳолатга айланади, бу эса *гипснинг, гидратацияланиши* деб аталади. Натижада коллоид ҳолатдаги жуда майда заррачалардан ташкил топган гипс ҳамири ҳосил бўлади ва у тезда кристаллана бошлайди. Икки сувли гипс заррачаларида ўсаётган игнасимон кристаллар ўзаро зичлашади ва мустаҳкам туташган кристаллга айланади. Коллоид эритма ҳосил бўлиши ва бу эритманинг кристалланиш жараёни, ярим молекула сувли гипснинг икки молекула сувли гипсга тўла айланишига қадар давом этади. Буюм қуритилганда ундаги эритма холида қолган ярим сувли гипс коллоид ҳамирга айланади, сўнг икки молекула сувли гипс кристаллари ажралиб чиқади, бунинг ҳисобига буюмнинг мустаҳкамлиги янада ортади. Шунинг учун, гипсдан ишланган буюмлар температураси 70°C гача бўлган махсус қуритиш камераларида қуритилади.

Қурилиш гипсидан асосан сувоқ ишлари учун оҳак-гипс қоришмаси тайёрлашда ва бинокорлик деталлари ишлаб чиқаришда фойдаланилади.

Шуни айтиб ўтиш муҳимки, қурилиш гипсига ҳеч қандай қўшимча аралаштирмай, ўзини соф ҳолда ишлатиш мумкин, чунки у қуриганда ёрилиб кетмайди. Оҳак-гипс сувоқ қоришмаларида бир ҳажм гипсга 1...5 ҳажм оҳак қўшилади, натижада қоришманинг тишлашиши секинлашиб эластиклиги ортади.

Боғловчи моддани тежаш ва оҳакнинг дарз кетишини йўқотиш учун гипс ва оҳак аралашмасига 1...3 ҳажм қум ёки унинг ўрнини босадиган бошқа модда (тошқол, пемза, ёғоч кивиғи ва қиринди сингари нарсалар) қўшилади. Сувоқ қоришмаси тайёрлашда қурилиш гипсига оҳак қўшмаса ҳам бўлади, бироқ бунда тишлашишни сусайтирувчи бирор қўшимча модда аралаштириш керак.

Оҳак-гипс қоришмалари оҳак қоришмасини тез қотиши ва анча мустаҳкамлиги билан, гипс қоришмасидан эса, эластиклиги ҳамда секин тишлашиши билан фарқ қилади. Гипс қоришмасини тайёрлашда гил ҳам ишлатилади.

Юқорида айтиб ўтилганидек, сувоқчиликда оҳак ва сувоқ гипсидан иборат биноқорлик қоришмалари ишлатилади. Оҳак, одатда оҳак ҳамири кўринишида ишлатилади, бунинг учун у сўндирилади. Оҳакни сўндириш экзотермик жараён бўлиб, бунда маълум миқдорда иссиқлик ажралиб чиқади. Гипсни куйдириш эса эндотермик жараён бўлиб, бунда сув ажралиб чиқади ва иссиқлик ютилади. Мак-Энелли гипсдан чиқадиган намдан оҳакни гидратациялашда, оҳак гидратацияси иссиқлигидан эса гипсни куйдиришда жуда ўринли фойдаланган.

Қурилиш гипсидан турли гипс ва гипс-бетон маҳсулотлари тайёрланади, булар қуруқ сувоқ, девор плиталари ва панеллар, қаватлар орасига қўйиладиган деталлар, архитектура-биноқорлик маҳсулотлари, вентиляция қутилари, термоизоляция плиталари ва бошқалардир.

Қурилиш гипсининг ранги оқ бўлгани учун у сунъий мрамор ва баъзи хил бўёқ ҳамда бур тайёрлашда ҳам кенг қўлланилмоқда, керамика саноатида гипсдан қолиплар тайёрлашда фойдаланилади. Шунингдек, кўзгу ва оптик шишалар ишлаб чиқаришда ҳам гипс ишлатилади. Гипс асбест ва бошқа материаллар билан аралашма ҳолида иссиқликни ўтказмайдиган буюмлар тайёрлашда кенг қўлланилади.

Бундан ташқари, қурилиш гипси бино деворларининг ички томонини сувашда, наққошликда ва безак буюмлар тайёрлашда кенг ишлатилади. Гипс ўтга чидамли бўлганлиги учун, ундан бинони шамоллатувчи қурилмалар, лифт катаклари ва бошқалар тайёрланади.

Гипсни ташиш ва сақлаш. Гипсли боғловчиларни ташиш ва сақлашда уларга нам таъсир этмаслиги керак. Очик жойда гипсни бир ойдан ортиқ сақлаш мумкин эмас. Акс ҳолда унинг мустаҳкамлиги 20% гача камаяди. Гипс сақлайдиган омборларнинг поллари ёғочдан қурилган бўлиши керак.

Юқори мустаҳкамликка эга бўлган гипс. Икки молекула сувли табиий гипс-тошни 750...800°C температурада пиширгандан сўнг туйилади ва унга натрий сульфат, алюминий ва бошқа тузлар қўшиб юқори мустаҳкам гипс олинади. Бундай гипс секин қотувчи, аммо сиқилишдаги мустаҳкамлиги 30 МПа гача, ранги эса оқ бўлади.

Юқори мустаҳкам гипс олишнинг иккинчи усули ҳам бор: гипс-тошни юқори босимли (0,13...0,2 МПа) буғда 125°C температурада пишириб юқори мустаҳкамликка эга, бўлган гипс олинади.

Проф. Б.Г.Скрамтаев ва Г.Г.Буличевнинг бу усули бўйича гипс-тош герметик ёпиқ қозонга солинади ва тўйинган буғ ёрдамида 0,13 МПа босим остида пиширилади ҳамда кукун қилиб туйилади. Олинган гипсни қотириш учун сув миқдори 60% эмас, балки 40...50% олинади. Бундай гипснинг 7 кундан кейинги мустаҳкамлиги 15...40 МПа.

Юқори мустаҳкам гипс жуда муҳим иншоотлар қуришда, шунингдек металлургия саноатида қолиплар тайёрлашда ишлатилади.

Ангидрит цемент. Табиий гипс-тошни ёки ангидритни 600...750°C да пишириб, сўнг туйиб, ҳавода қотадиган боғловчи модда-ангидрит цемент олинади. Цемент активлигини ошириш мақсадида унга катализатор сифатидаги қўшилмалардан оҳак, пиширилган доломит, домна шлагги ва ёнувчи сланец кули қўшилади. Бу цементни академик П.П.Будников ихтиро этган.

Ангидрит цемент секин тишлашувчи боғловчидир. Тишлашишнинг бошланиши 1...1,5 соатдан кейин бошланади, охири эса 24 соатгача давом этади, гипсга нисбатан сувга чидамли. Сиқилишга мустаҳкамлиги бўйича 50, 100, 150 ва 200 маркаларга бўлинади. Зичлиги 2800...2900 кг/м³, уюм тарзидаги ҳажмий массаси 850...1100 кг/м³, зичлантирилгандаги ҳажмий массаси 1200... 1500 кг/м³.

Кам куйдириладиган гипсли боғловчи моддалардан фарқли равишда ангидритли цементнинг ҳажми қотаётганда кенгаймайди. Бу цемент гидравлик хусусиятларига эга эмас. У нам ҳаво муҳитида жуда тез қотади. Намлик муҳитда дастлабки қотишдан кейин, ангидрит цементи қуруқ муҳитда янада мустаҳкамланаверади. Қотган боғловчи модда сувда узок вақт туриб қолса, унинг мустаҳкамлик даражаси пасаяди, кейин қуруқлик шароитида ангидрит цементнинг мустаҳкамлиги яна ортаверади. Агарда ангидрит цементга активлаштирувчи модда сифатида домна тошқоли қўшилса, унинг сувга чидамлилиги ортади.

Бинокорлик қоришмалари ангидрит цементдан тайёрланган бўлса, 15 мартагача музлаб эриган ҳолда ҳам сезиларли даражада бўзилмайди. Уйнинг чоқсиз тўшалмаси, линолеум ости тушалмаси ҳосил қилиш, турли хил сувоқ ва оралиқ қоришмалар, органик, анорганик тўлдиргичли енгил бетонлар, оғир бетонлар ишлаб чиқариш, шунингдек, сунъий мрамор

тайёрлашда ангидрит цементдан фойдаланилади. Ангидрит цементдан ишланган конструкция ва буюмларни ҳаво намлиги 60...70% дан юқори бўлган ерларда ишлатиб бўлмайди.

Ангидрит цемент қоришма сифатида ғишт теришда, сувоқчиликда, изоляция материаллари ишлаб чиқаришда ва бетон сифатида эса иншоотларнинг сув таъсир этмайдиган қисмларини қуришда ишлатилади.

Пардозбоп гипс (цемент). Зарарли аралашмалардан тозаланган гипс-тошни 550...700°C да пишириб, кейин туйиш жараёнида унга алюминийли аччиқтош қўшиб пардозбоп гипс (цемент) олинади. Пардозбоп гипс оқ рангли бўлиб, унинг нур қайтариш коэффициенти 90% дан кам булмаслиги керак. Тишлашишнинг бошлаланиши 1 соатдан кейин бошланади, охири эса 12 соатгача давом этади. У 100 дан 400гача бўлган маркаларда чиқарилади.

Қурилишда пардозбоп қоришма сифатида сунъий мармар тошлари, меъморчилик ва безак буюмлари тайёрлашда ишлатилади.

Юқори температурада пиширилган гипс-табиий гипс-тошни ёки ангидритни 800...1100°C температурада пишириб, кейин майда қилиб туйилган боғловчилар жумласидандир. Гипс-тошни пишириш жараёнида $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ўз таркибидаги барча сувни йўқотиб, ундаги CaSO_4 қисман парчаланади ва гипсда актив CaO ҳосил бўлади. Бу эса боғловчига катализаторларсиз қотиш хусусиятини беради.

Юқори температурада пиширилган гипс 100, 150 ва 200 маркаларда чиқарилади. Унинг солиштирма массаси 2,8...2,9 г/см³, ҳажмий массаси 900... 1100 кг/м³. Юқори температурада пиширилган гипс секин тишлашувчан бўлиб, бошқа гипсларга нисбатан сувга чидамлидир.

Қурилишда ғишт териш, сувоқчилик, бетон буюмлари ҳамда сунъий мармар тошлари тайёрлашда ишлатилади.

Гипсли боғловчи моддалардан Ўзбекистонда кенг фойдаланиш археологларнинг кўрсатишича, VII—X ва X—XIII асрларга тўғри келади. Бу даврда гипс асосан ғишт теришда, санъат қошоналарини яратишда, ганч ва алебастр тошларига уйиб гуллар солишда кўп ишлатилар эди. Маълумки, гипс ҳавода қотадиган боғловчидир. Шунга кўра одамлар гипсли боғловчиларни об-ҳаво, сув нам таъсирига чидамлилигини ошириш ва мустаҳкамлигини ошириш мақсадида жуда кўп турли актив қўшилмалар қўшиб тажрибалар ўтказишган: Масалан, гипс қоришмасининг пластиклиги, ёпишувчанлиги, шунингдек, буюмнинг чидамлилиги, мустаҳкамлигини ошириш мақсадида махсус ўсимлик елими ишлатилган. Гипснинг об-ҳаво таъсирига чидамлилигини ошириш мақсадида эса қоришмага усимлик кули, туйилган писта кўмир, ғишт кукуни, оҳак ва бошқалар қўшиб деворлар қуришда, сувоқчилик ва меъморчиликда ишлатилган.

Ўзбекистан юқори сифатли гипс боғловчилари ишлаб чиқарувчи хом ашё захираларига жуда бой. Республика туманларида икки сувли табиий гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ва ганч, шунингдек табиий ангидрид CaSO_4 захиралари жуда кўп тарқалган. Ганч билан арзиқ ўзининг минералогик таркибига кўра, соғ тупроқнинг икки сувли табиий гипс аралашидан ташкил топган бирига ухшаш жинсдир. Уларнинг фарқи шундаки, ганч табиатда тош ҳолатида, арзиқ эса тупроқ ҳолатида бўлади.

Ҳозир республикада умумий ҳажми 12 млн тоннага яқин 25 хил гипсбоп хом ашё захиралари топилган. Бу гипсбоп хом ашё ўзининг минералогик таркибига кўра кимёвий тоза табиий гипс-тошга яқин. Кимёвий тоза гипсда CaO миқдори 32,56% ва SO_3 миқдори 46,51% бўлса, Фарғона, Сох, Қувасой, Шурсув, Қамишбоши каби туманлардан олинган табиий гипсда ўрта ҳисобда CaO нинг миқдори 32,9%, SO_3 нинг миқдори эса 45,2% ни ташкил этади.

Ўзбекистонда ишлатиладиган барча гипсли боғловчиларнинг 60...70% ини қурилиш гипси ташкил этади. Республикада ишлатиладиган кўпгина қурилиш гипслари тез қотувчан. Тишлашишининг бошланиши 4...5 минут, охири эса 7...8 минутга тенг.

Маълумки, йирик ўлчамдаги гипс-бетон буюмларни тайёрлашда қоришманинг тишлашишини секинлаштириш катта аҳамиятга эга. Шу мақсадда қоришма тайёрланаётганда унга 0,25% миқдорда суяк елими қўшилади. Натижада қоришманинг тишланиши, ўрта ҳисобда 5...6 марта секинлашади, пластиклиги ортади, буюм мустаҳкамлиги эса 20...24% гача ортади. Гипсдан ишланган намунанинг сув шимувчанлиги 26% бўлса, суяк елими қўшилгандан сўнг бу курсаткич б... 9% га камаяди.

Ўрта Осиёда кўп тарқалган ганч ҳавода қотадиган боғловчи модда бўлиб, у оддий қурилиш гипсидан таркибидаги тупроқнинг кўплиги (20...40%) билан фарқ қилади. Ганч ҳам қурилиш гипси сингари $170...180^\circ\text{C}$ температурада пишириб олинади, яъни ундаги икки молекула сувли гипс ярим молекулалари ҳолга келтирилади. Ганчнинг сифати, асосан, ундаги ярим молекулалари гипснинг ёки, бошқача айтганда, хом ашё таркибидаги икки молекулалари гипснинг миқдорига боғлиқ. Бунда гипснинг миқдори қанчалик ортса, ганчнинг сифати шунча юқори бўлади. Ҳозир республикада тўртта корхона ганч ишлаб чиқармоқда.

Табиий ангидрид цемент. Республикада юқори сифатли табиий ангидрид захираларининг жуда кўп тарқалганлигини ҳавода қотадиган боғловчи ангидрид цементини кўп миқдорда (пиширилган ва пиширилмаган хиллари) ишлаб чиқариш имконини беради.

Хом ашё таркибида актив моддаларнинг кўп бўлиши уни умуман пиширмай, фақат механик йўл билан қайта ишлаб мустаҳкамлиги талаб қилинган кўрсаткичли боғловчи модда олиш мумкинлиги аниқланди. Ангидрид цементнинг мустаҳкамлиги қурилиш гипси

мустаҳкамлигига нисбатан юқори. Бу цементга оҳак кукуни, портландцемент ва шу каби актив моддалар қўшилса, унинг сиқилишидаги мустаҳкамлиги 19,8...20,5 МПа гача етади.

Пиширмай тайёрланадиган, шунингдек, талаб қилинган мустаҳкамликка эга бўлган ангидрид цементни кўплаб ишлаб чиқариш иктисодий жиҳатдан катта аҳамиятга эга.

9-§. Жуда катта температурада куйдириладиган гипс (экстрих-гипс)

Икки молекула сувли гипс ёки ангидридни 800-1000⁰С температурада куйдириб олинган маҳсулот туйилса, ана шундай гипс тайёр бўлади.

Жуда катта температурада куйдирилган гипснинг ангидрид цементдан фарқи шундаки, у катализаторсиз ҳам қота беради. Чунки гипс кўрсатилган температураларда куйдирилганда CaSO_4 қисман парчаланаяди, яъни CaO эркин ҳолатда ёки $m\text{CaSO}_4 \cdot n\text{CaO}$ типидая кальций сульфат асосий бирикмалари тарзида ажралиб чиқаяди. Худди ана шу бирикмалар катализаторлар ҳисобланади. Улар ишқорий муҳит вужудга келтиради. Натижада жуда катта температурада куйдирилган гипснинг эрувчанлиги янада ошаяди ва шу билан икки молекула сувли гипснинг ҳосил бўлиш жараёни тезлашаяди. Икки молекула сувли гипс кристалларининг ҳосил бўлиши эса ангидрид цемент қотаётган вақтдагидек асосий қотиш жараёни ҳисобланади.

1. Тайёрлаш технологияси

Жуда катта температурада куйдирилаган гипс технологияси деярли ангидрид цемент технологиясига ўхшайди, бироқ унга нисбатан соддароқ, чунки катализатор қўшилмайди. Асосий ишлаб чиқариш операцияларига гипс тошни майдалаш, куйдириш ва куйдирилган маҳсулотни кукун ҳолигача (асосан шар тегирмонларда) туйиш асосий ишлаб чиқариш жараёнларидан ҳисобланади.

Ангидрид цемент олинаётган вақтдагидек, асосан ним газ ўтхонали шахта печларда куйдирилаяди. Бундай ҳолларда кальций сульфиди ҳосил бўлмаслиги учун печда оксидлантириш муҳити яратмоқ лозим. Чунки боғловчи таркибида 0,1% дан зиёдроқ кальций сульфиди бўлса, қотаётганида боғловчи ҳажман нотекс ўзгаради ва маҳсулотнинг мустаҳкамлиги пасаяди. Шахта печларда куйдириш учун шартли ёқилғидан тайёр маҳсулот оғирлигининг 10-15% миқдоридая сарфланади.

Куйдириш режими ва ишланаётган боғловчининг ҳоссалари кўп жиҳатдан хом ашё таркибига боғлиқ. Гипс тошда доломит ва оҳактош қўшилмаларнинг бўлиши куйдириш жараёни вақтида эркин кальций ва магний оксидаларининг ҳосил бўлишига олиб келаяди. Уларнинг миқдори 5-7% бўлса, фойдалая ҳисобланади.

Куйдириш вақтида кальций сульфати ва кальций карбонатлари таркибида кум тупроқ, гил тупроқ ва темир оксидлари каби аралашмалар бўлган ана шу қўшилмалар билан ўзаро таъсир этишганида бирламчи кальций силикатлари, алюминатлари ва ферритлари ҳосил бўлади. Улар кальций сульфатнинг парчаланиш температурасини пасайтиради.

2. Хоссалари ва ишлатилиши

Жуда катта температурада куйдирилган гипсга бўлган техник шарт-шароитлар (ТУ) га кўра, бундай гипслар уч хил, яъни 100, 150 ва 200 маркада чиқарилади. Бу маркалар кумсиз пластик хамир (1:0) дан ишланган 28 кунлик намуналарнинг минимал мустаҳкамлигига қараб аниқланади.

Жуда катта температурада куйдирилаган гипс қурилишбоп гипсга қараганда анча мустаҳкам. Бунга асосий сабаб шуки, қориш учун озгина сув қўшилади (нормал куюқ хамир ҳосил қилиш учун 25-35% ча сув қўйилади) ва жуда майда туйилади. Гипсни шиббалаб қолиплаш унинг шиббаламасдан қолиплашга қараганда 25% мустаҳкамроқ бўлишига ёрдам беради.

Қанчалик майда туйилгани 1см^2 юзасида 100 та кўзи бор элакда кўпи билан 2% ва 900 та кўзи борида кўпи билан 10% қолдик қолишга қараб аниқланади.

Жуда катта температурада куйдирилган гипс қотаётганда қурилишбоп гипсга қараганда озгина бўлса ҳам ҳажман кичраяди. Жуда катта температурада куйдирилган гипсдан ишланган буюмлар, қурилишбоп гипсдан тайёрланган буюмларга қараганда сувга ва совуққа анча чидамли бўлади.

Жуда катта температурада куйдирилаган қотган гипс ишқаланишга катта қаршилиқ кўрсатади. Шу жиҳатдан у бошқа хил гипслардан катта фарқ қилади. Унинг ишқаланишга қаршилиги, масалан, полга ишлатиладиган керамика плиталарникидан уч марта катта бўлади.

Ангидрид цемент қайси соҳаларда ишлатилса жуда катта температурада куйдирилаган гипс ҳам ана шу мақсадларда ишлатилади. Бундан ташқари, ундан чоксиз поллар қуришда, дераза таги тахталари, зиналар ва манзарали плиталар тайёрлашда фойдаланса ҳам бўлади.

3-боб. Фосфогипснинг физик-кимёвий хоссалари, ундан қурилиш материаллари саноатида фойдаланиш имкониятлари

10§. Фосфогипснинг таркиби, тузилиши ва хоссаларини физик-кимёвий тадқиқ этиш

Турли конлардаги фосфор рудалари ўзларининг минералогик таркиби, структураси, тузилиши, аралашмаларнинг таркиби ва миқдорига қараб физик ва кимёвий хоссалари бўйича бир-биридан фарқ қилади ҳамда икки асосий турга - апатит ва фосфорит каби фосфор рудаларига бўлинади.

Апатит рудалари асосан кальций-фторапатит $3\text{Ca}(\text{PO}_4)\text{CaF}_2$ шунингдек гидросилапатит $3\text{Ca}(\text{PO}_4)\text{Ca}(\text{OH})_2$ дан таркиб топган. Апатитдан ташқари, уларнинг таркибида нефелин (Na,K) $\text{AlSiO}_4\text{nSiO}_2$ аралашмалари, эгирин $\text{NaFe}(\text{SiO}_3)_2$, титаномагнетит $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{FeTiO}_3\text{TiO}_2$, ильменит FeTiO_3 , сфен CaTiSiO_5 , дала шпатлари ва бошқалар бор. Фосфоритлар учун майда кристалли тузилма, юқори дисперслик ва заррачалар ғоваклиги хос.

Қоратов фосфор рудаларининг модда таркиби ва тузилиши хилма-хилдир. Фосфат-карбонат, фосфат-кремнийли фосфор рудалари кенг тарқалган бўлиб, улар ягона фосфоритли муҳитда мавжуддир. Улар минералогик жиҳатдан жуда хилма-хил бўлиб, асосан кремнезем (кумтупрок) фосфати, алюмосиликатлар ва темирли минераллар аралашмалари бўлган карбонатлардан таркиб топган. Қоратов фосфоритининг кимёвий таркиби магний миқдорининг кўплиги билан ажралиб туради.

Фосфор кислотаси - мураккаб концентрацияланган, фосфор ўғитлар ва бошқа фосфорли бирикмаларни ишлаб чиқаришда асосий ярим маҳсулотдир. Уни олишнинг энг кўп тарқалган усули - олтингугурт кислота билан ажратиб олинадиган (экстракцион) усул бўлиб, бунда табиий фосфатларга олтингугурт кислота таъсир эттирилиб, парчаланади ва фосфор кислота эритмасидан ҳосил бўладиган қаттиқ ҳолатдаги кальций сульфат ажратиб олинади.

Экстракциянинг технологик кўрсаткичлари, асосан ҳарорат ва фосфат кислота концентрациясига қараб кальций сульфатнинг турли кристаллгидратлари: дигидрат, нимгидрат ва ангидрит чўкиндига тушиши мумкин. Шунга мувофиқ равишда, фосфат кислота ишлаб чиқаришнинг дигидрат, нимгидрат ва ангидрит усуллари фарқланади. Уларнинг ҳар бирининг моҳияти - фосфат етарли даражада тўла парчаланиши, олинадиган пульпанинг ажратилиши ва чўкиндидан фосфат кислотасини ювиб олишдан иборат.

Қоратов фосфоритлари - денгиз сувидан оқиб чиқиб, чўкиш натижасида ҳосил бўлган ва таркибида кальций фосфатдан ташқари, глауконит, лимонит, кальцит, доломит, магнийли силикатлар, алюмосиликатлар, каолин, дала шпатлари, кварц, гранит ва органик моддалар мавжуд бўлган чўкинди жинслардир. Фосфоритларнинг петрографик таҳлили шуни кўрсатадики, бу жинсларнинг катта қисми майда кристалли мўрт (аморф) фосфатлардан иборат бўлиб, таркибида бир оз аралашмалар ҳам мавжуд бўлади.

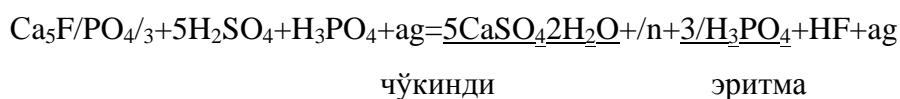
Қоратов фосфоритлари кимёвий таркиби куруқ модда тарзида ҳисобланганда қуйидагича, фоиз ҳисобида:

Эримайдиган қолдик - 10-18%

P ₂ O ₅ -	24-26	Fe ₂ O ₅ -	1,3
CaO -	35-42	Al ₂ O ₃ -	1,3
MgO -	0,5-50	F -	2,1-2,8
		CO ₂ -	3,1

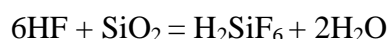
Олмалиқ “Аммофос” ишлаб чиқариш бирлашмасида фосфор кислота Коратов фосфорит унига олтингугурт кислота таъсир эттирилиши натижасида парчаланиши ва кальций сульфатнинг дигидрат кўринишида чўкиш усули билан ажратиб олинади. Олтингугурт кислота фосфорит уни билан аралаштирилганда фосфор кислота ҳосил бўлади ва кальций сульфат дигидрат чўкиндисига тушади (пульпа-суспензия).

Фосфорит унининг парчаланиши қуйидаги тенглама бўйича боради:

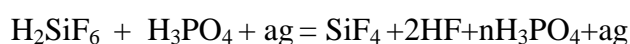
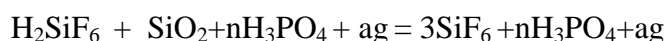


Чўкинди асосан икки молекулали сувли кальций сульфат (CaSO₄•2H₂O) дан иборат бўлиб, парчаланмай қолган фосфат, фосфор нордон тузлар ва силикатлар аралашмасидан таркиб топган. Аралашмаларнинг миқдорий таркиби дастлабки хом ашёнинг минералогик таркиби, ишлаб чиқаришнинг қай даражада йўлга қўйилганлиги ва асбоб-ускуналарнинг созлиги, технология интизомига риоя этилиши ва ҳоказоларга боғлиқдир. Силикатлар кислота таъсирида осон парчланиб, эритмага Na, K, Al ионлари ва кремний кислотасини ажратиб чиқаради.

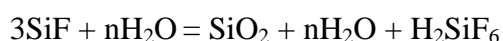
Кремний кислота фторли водород билан ўзаро реакцияга киришади:



Фтор кислота эритмаси устида H₂SiF₆ буғларнинг қайишқоқлиги ҳарорат ва H₃PO₄ концентрациясининг кўтарилиши билан ортиб боради. Бунинг натижасида фосфат кислота ишлаб чиқаришнинг турли шароитларида фосфатлар парчланаётганида ажралиб чиқаётган фторли газлар миқдори бир хил бўлмайди:



Фосфор кислота ишлаб чиқариш шароитларида SiF₄ HF га нисбатан катта қайишқоқликка эга, шу сабабли чиқаётган фторли кремний кислота чўкиндиси ва газларда H₂SiF₆ эритмаси ҳосил бўлади.



чўкма

Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, фосфогипсдаги фтор таркиби 0,1-0,4% дан ошмайди. Фосфогипснинг намлиги карусель вакуумфилтрнинг иш сифатига боғлиқ бўлиб, 30дан 40% гача ўзгариб туради.

Нам фосфогипснинг хажм оғирлиги юмшоқ ҳолатда 0,531 дан 0,581 т/м³ гача ўзгариб туради ва ўртача 0,556 т/м³ ни ташкил этади;

Доимий оғирликкача қуритилган фосфогипсники юмшоқ ҳолатда ҳажмий массаси - 0,508 дан 0,526т/м³ гача, ўртача - 0,517 т/м³ гача. Олмалиқ “Аммофос” ишлаб чиқариш бирлашмасининг фосфогипси ташқи кўриниши бўйича - ипаксимон товланиб турадиган кул ранг осон гуваланувчи материалдир. ўзига хос хиди бор, тузилиши юмшоқ, текстураси тартибсиз, структураси битта минералдан таркиб топган, салгина намроқ материал ораси юмшоқ массадан таркиб топган гувалалардан иборат. Қуритилган ҳолатда бу - майда дисперс кукундир. 3-жадвалда фосфогипснинг донадорлик ўлчов таркиби берилган.

Элакдан ўтказиш таҳлили маълумотлари бўйича фосфогипснинг энг кўп фракцияси 1,6 - 0,4 ва 0,16 -0,1 мм ўлчамдаги заррачалардан иборат. Фракция таркибида 50 мкдан кам бўлганлари - 2-3% ни ташкил этади. Табиий шароитларда қуритилган фосфогипснинг солиштирма оғирлиги, табиий икки молекулали сувли гипсникига ўхшайди, 2,34-2,36 г/см³. Хаво ўтказиш усули билан аниқланган солиштирма юзаси 3100-3500 см²/г оралигида ўзгариб туради.

Олмалиқ “Аммофос” ишлаб чиқариш бирлашмаси фосфогипсидан цемент саноатида фойдаланиш мақсадида тадқиқот учун турли жойлардан олтига фосфогипс синов намуналари танлаб олинди. Турлича усуллар билан фосфогипснинг таркиби, тузилиши ва хоссалари ҳар томонлама ўрганилди.

3-жадвал

Фосфогипснинг гранулометриқ (донадорлик ўлчови) таркиби
(М.А. Ахмедов маълумотларига кўра)

Элақлар	Элақдаги қолдик, %
---------	--------------------

тавсифи		Олмалиқ фосфогипси				Воскресе-нск фосфогипси
Элак (тўр) лар №	Говак элак кўзлари сони*	синов намунаси № 1	Синов намунаси № 2	синов намунаси № 3	ўртача	ўртача
2,5	11,2	5,56	5,15	6,04	5,58	0,23
1,6	23,8	8,85	9,11	8,92	8,96	1,19
0,4	331	37,66	36,50	37,36	36,17	1,68
0315	494	2,06	2,10	1,92	2,03	1,68
016	1480	9,96	9,85	9,05	9,62	9,81
01	3400	28,10	28,01	27,73	27,94	-
0063	8270	5,40	5,95	6,03	5,79	37,73
005	13900	1,25	2,00	1,73	1,66	5,75
Элакдан ўтказилди, г/см ²	13900	1,16	1,33	1,22	1,23	42,58
	Жами	100,0	100,0	100,0	100,	100,

* Элакнинг 1 см² тўрдаги кўзлар сони

Танлаб олинган намуналар намлигини йўқотиш учун уч сутка давомида эксикаторда концентранган олтингурут кислота устида тутиб турилди. Кейин улар яхшилаб майдаланиб, кимёвий, рентгенографик, петрографик ва термографик таҳлил қилинди.

Фосфогипснинг кимёвий таркиби (4-жадвал) доимий бўлиб, асосан икки молекулали сувли гипс билан кремнезем (кумтупрок) аралашмаси ҳамда оз миқдордаги P₂O₅, R₂O₃ дан таркиб топган. Гигроскопик намлиги 30,87-33,05 %, гидрат суви 18,1 - 19,8% оралигида ўзгариб турди. Икки молекулали сувли гипснинг ҳисобланган миқдори 88-95%.

Цемент қотиш жараёнида, айниқса дастлабки босқичида сувда эрийдиган P₂O₅ нинг аҳамияти катта. Маълумотлар шуни кўрсатаптики, цементга фосфогипс билан қўшиладиган сувда эрийдиган P₂O₅ нинг таркиби 0,1 фоиздан ошмаслиги керак.

Олмалиқ “Аммофос” ишлаб чиқариш бирлашмасида фосфогипсидаги сувда эрувчан P₂O₅ миқдори 0,36-0,95% ўртасида (2-жадвал). Фосфогипсдан тишлашиш муддатлари ростлагичи сифатида фойдаланилганда икки молекулали сувли гипс (3-7%) ўрнига цементдаги сувда эрувчан P₂O₅ миқдори 0,011-0,066% ни ташкил этади.

Олинган рентгенограммалар таҳлили маълумотларига қараб турли вақтларда ҳар хил жойлардан олинган барча фосфогипс синов намуналари кристалл структураси бир-бирига яқинлигини кўриш мумкин. Рентгенограммаларда асосан икки молекулали сувли гипс ва аралашмаларнинг асосий массасини ташкил этувчи кварц эканлиги кузатилади.

Фосфогипс қиздирилган вақтда кристалланиш сувини йўқота бошлайди. 150⁰ даражадаги- ҳароратда қиздирилганда икки молекулали сувли гипснинг дифракцион максимумлари жадаллиги камаяди, ним сувли кальций сульфатга жавоб берадиган янги чизиқлар: 5,96; 2,97; 2,78; 1,83; 1,65; Å пайдо бўлади. 200⁰ даги ҳароратда қиздирилганда фосфогипс таркибдаги икки молекулали сувли гипс нимсувлига ва қисман ангидритга айланади.

250⁰ ва ундан юқори ҳароратда икки молекулали сувли гипс чизиқлари жадаллиги ниҳоятда камаяди. Ҳарорат 400⁰ гача кўтарилганда ангидритнинг янада жадалроқ чизиқлари пайдо бўлади. Ҳарорат 1250⁰ гача ва ундан юқори даражага кўтарилганида кварц чизиқлари йўқолади, бу SiO₂ нинг CaO билан ўзаро таъсир этиб, кальций силикати ҳосил бўлганидан далолат беради. Ҳарорат 1300 ва 1400⁰ гача кўтарилганида ангидритдан ташқари 2,68 Å⁰ чизиги кузатилади, у қаттиқ силикофосфат кальций эритмасига тўғри келади.

4-жадвал.

Фосфогипс турлича синов намуналарининг
кимёвий таҳлили, фоиз ҳисобида

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	Қ.П.Й. 550 ⁰ С	Сувда эрийдига н P ₂ O ₅	
Олмалик кимё заводи											
10,12	0,68	0,83	34,78	кучсиз	41,24	1,33	0,40	0,33	7,85	0,48	97,56
13,75	0,58	0,68	31,33	кучсиз	44,43	2,00	0,25	0,14	6,50	0,95	99,56
10,17	0,84	0,30	33,16	0,44	46,24	1,84	0,15	0,17	6,85	0,62	100,16
10,39	0,75	0,60	33,66	0,20	48,19	1,04	0,15	0,17	5,00	0,36	100,15
8,50	0,96	0,64	31,89	0,51	44,32	2,23	0,16	0,12	10,47	0,52	99,80
10,16	1,05	кучсиз	32,44	кучсиз	45,28	1,91	0,21	0,24	6,25	0,53	97,54
Воскресенск кимё заводи											
0,23	0,31	0,21	31,35	0,28	45,34	1,50	0,14	0,03	19,50	0,48	98,98

Қ.П.Й.-қиздириш пайтидаги йўқотма.

Фосфогипснинг дифференциал термик анализи (Д.Т.А.) эгри чизиқлари 100-180⁰ оралигида пайдо бўладиган икки молекулали сувли гипснинг ёркин намоён бўладиган дегидратацияси икки эндотермик эффектига эга. Фосфогипснинг биринчи эндотермик эффекти бошланиши гипсникдан (110⁰ ҳароратда) фарқли равишда 100⁰ ҳароратда пайдо бўлади. Фаол дегидратация нисбатан паст ҳароратда юзага келади. Биринчи эндотермик эффект бошланиши ҳарорати пасайиши, эҳтимол, фосфогипс таркибидаги аралашмалар билан боғлиқдир. Улар механик қўшимчалар сифатида берилиши, шунингдек кальций сульфат кристалл панжарасига кириши (масалан: СаНРО₄•2Н₂О) ёки муайян хоссаларга эга бўлган мустақил тизим (система) лар ҳосил қилиши мумкин. Айни шу кальций сульфатнинг икки ўрин олган қаттиқ эритмалари фосфогипснинг ўзига хос хоссаларини белгилаб бераётган бўлишини инкор этиб бўлмайди, бу хусусан, унинг дегидратацияси ҳарорати пасайишида намоён бўлаяпти. Фосфогипсда мавжуд бўлган сувда эрийдиган фосфатлар ҳам сезиларли даражада унинг дегидратацияси ҳароратини туширади. Катта бўлмаган эндотермик эффектлар максимум 540-550⁰ ҳароратда кварц борлигидан далолат беради. Ҳарорат 670-780⁰ бўлганида фосфогипс таркибида мавжуд бўлган карбонатлар диссоциация реакциясига учрайди, натижада эндоэффектлар ҳосил бўлади. 985-1100⁰ ҳароратдаги экзоэффектлар фосфогипс таркибида зарур миқдордаги СаО аралашмаси сифатида мавжуд бўлган кварцнинг реакцияга киришуви натижасида икки кальцийли силикат ҳосил бўлиши билан боғлиқдир. 1150-1160⁰ ҳароратда эндоэффектлар кальций сульфат диссоциациясига тўғри келади ва 1215⁰ да ангидрит полиморф ўзгаришлари юз беради.

Фосфогипснинг петрографик тадқиқотлари унинг асосан таблеткасимон ва призма шаклидаги габитус шаклидаги гипс кристаллчаларидан иборат эканлигини кўрсатди. Уларнинг ўлчамлари 0,1-0,5мм оралигида ўзгариб туради, 0,1 ва 0,4мм лилари кўп учрайди.

Кристаллари рангсиз, сувдек тиниқ, майда хол-хол чанг заррачалари бор. Айрим кристалларда майда холсимон гипс заррачалари борлиги ҳам кузатилади. Минерал юмшоқ бўлиб, осон эзилади. Нур синдириш кўрсаткичлари: Ng-1,527; Np-1,524; Ng-Np=0,003. Камонсимон қўшалок шаклдагилари кўп учрайди.

Синов намунасида гипсдан ташқари, нур синдириш кўрсаткичи > 1,620 га тенг бўлган кўрсаткичли рангсиз, эпидот гуруҳига мансуб бўлиши мумкин бўлган доначалар ва яхши ёритилмайдиган, 0,15мм ўлчамдаги гил бўлакчалар бор.

5-жадвал

Синов намунаси	Олмалик фосфогипси	Воскресенск фосфогипси
Қ.П.Й (П.п.п.)	0,08	3,55

SiO ₂	95,50	33,18
Al ₂ O ₃	1,54	0,64
Fe ₂ O ₃	1,52	23,80
CaO	0,28	8,56
MgO	-	0,24
SO ₃	0,12	3,50
TiO ₂	-	22,20
Na ₂ O	0,22	3,72
K ₂ O	0,76	0,14
	100,02	99,53

Сувда эримайдиган қолдикнинг кимёвий таркибини аниқлаш учун фосфогипсга 2 NH₄Cl билан ишлов берилди. Бунда у 9,2% ни ташкил этиб, асосан (95,50%) кремнеземдан иборат бўлди.

Оксидлар ичида R₂O₃ кўп учрайди.

Рентгенографик таҳлил асосий аралашмани ҳам кўрсатди: α-кварц; d=4,24; 3,34; 2,44; 2,28; 2,22; 1,97; 1,82 Å ва ҳ.к.

Олмалиқ фосфогипсининг эримайдиган қолдигини петрографик таҳлил қилиш натижасида унинг 93-97 фоизини α-кварц ташкил этиши аниқланди. Кварцнинг 50% дан ортик қисмини эҳтимол, таркибида темир бўлган руда аралашмалари ташкил этса керак, руда (балки, лимонит) қўшилмалари миқдори - 3-7%; гематитнинг айрим кристаллари учрайди. Шундай қилиб кимёвий-таҳлил, рентгенографик, петрографик ва дифференциал-термик таҳлил усуллари билан ўтказилган тадқиқотлар асосида Олмалиқ фосфогипсининг асосий минерал таркиби икки молекулали сувли гипсдан (88-95%) иборат эканлиги аниқланди. У Воскресенск кимё заводи (Россия) фосфогипсига нисбатан анча дағал дисперсли бўлиб, ифлослангандир. Олмалиқ фосфогипсининг асосий аралашмаси - кварц (7-13%), Воскресенск заводи фосфогипсида эса темир, ва алюминий аралашмалари бор. Сувда эрийдиган фосфор бирикмалари Олмалиқ фосфогипсида кўпроқ (0,65%), Воскресенскникида эса нисбатан кам (0,48%).

Хибин кони апатитларини қайта ишлаш вақтида олинган фосфогипс асосан Россия кимё заводларида қайта ишланади. Шу жумладан Воскресенск кимё заводи кўп миқдорда апатитларни ишлатади.

Воскресенск кимё заводи фосфогипси ўзининг кимёвий минералогик таркиби, дисперслиги жихатидан Олмалиқ “Аммофос” ишлаб чиқариш бирлашмаси фосфогипсидан

фарқланиб, Хибин кони апатитларига олтингугурт кислота билан ишлов бериш натижасида ҳосил бўлган чиқиндилардан иборатдир. Кола ярим оролининг апатит рудалари асосан кальцийфторапатит $3\text{Ca}_3/\text{PO}_4/\bullet\text{CaF}_2$, оз миқдордаги гидросилапатит $3\text{Ca}_3/\text{PO}_4/\bullet\text{Ca}/\text{OH}/_2$ ва бошқа изоморф ўрин алмашган шакллардан иборат. Апатит рудасида минерал аралашмалардан (Na, K) $\text{AlSiO}_4\bullet\text{SiO}_2$, эгирин $\text{NaFe}/\text{SiO}_3/$, титаномагнетит $\text{Fe}_3\text{O}_4\bullet\text{FeTiO}_2\bullet\text{TiO}_2$, ильменит FeTiO_3 , сфен CaTiSiO_5 , дала шпатлари бор.

Хибин апатитларининг кимёвий таркиби Қоратов фосфоритлариникидан кескин фарқ қилади ва курук модда ҳисобида таркиби қуйидагича, % ҳисобида: эримайдиган қолдиқ - 02-15; MgO - 0,1-0,2; F- 2,8-3,1; P_2O_5 - 39-40; Fe_2O_3 - 0,1-0,3; Al_2O_3 - 0,5-0,9.

Воскресенск заводи фосфогипси юқори дисперсли икки молекулали сувли кальций сульфатдан (98-99%) ҳамда фосфор ва фтор бирикмалари аралашмасидан иборат. Ундаги аралашмалар миқдори Олмалиқ фосфогипсиникидан анча кам. Булар асосан парчаланмаган апатитнинг яшил-қўк кучсиз плеохроирловчи доначаларидан иборат.

Ташқи кўриниши жиҳатидан Воскресенск фосфогипси оқиш-кулранг уваланувчи материал. Зичланмаган ҳолатдаги уюм ҳажм массаси - 0,45; зичлангани - 0,83 т/м³. Сув ўтказувчанлик усули билан аниқланган солиштирма юзаси (ПСХ асбобида) 3800 см²/г га тенг. Солиштирма оғирлиги 2,35-2,40 г/см³.

Воскресенск заводи фосфогипсининг донадорлик таркиби Олмалиқникидан ўзининг юқори дисперслиги билан ажралиб туради. (50 мқдан кам фракцияси - 42,80%, Олмалиқники - 2-3%). Доначалар таркибидаги энг кўп (80-85%) фракцияси- 100 мқдан кам. Эримайдиган қолдиқ таркибида SiO_2 , бир ярим оксидлар ва ишқорлар - оз миқдорда CaO ва SiO_2 бўлиб, улар асосий қисмини ташкил этади ва уларнинг нисбати гипсникига яқин - 97-98%.

Шундай қилиб, Воскресенск фосфогипси Олмалиқ фосфогипсига қараганда нисбатан тозароқ экан.

УРС - 50 ИМ қурилмасида ўтказилган рентгеноструктур таҳлил кимёвий таҳлил маълумотларини тўлиқ тасдиқлайди. Рентгенограммаларда асосан икки молекулали сувли гипснинг текисликлараро чизиклари бор, бошқа минералларга тегишли чизиклар эса йўқ.

Воскресенск фосфогипси термограммаси ҳам гипс термограммасидан фарқ қилмайди; биринчи эндотермик эффекти 110⁰ ҳароратда пайдо бўлади, 130⁰ ҳароратда максимум даражага етади, бу гипснинг табиий турларига хосдир.

Икки эндотермик эффект 155-170⁰ ҳарорат оралигида пайдо бўлади ва дегидратация, ярим гидрат шароитида юз бериб, турлича даражадаги ҳароратда ярим молекулали сувли гипс томонидан сувнинг йўқолишидан дарак беради. Дастлабки хом ашё каби, Воскресенск

фосфогипсидан ҳосил бўлган яримгидрат 170° да Олмалиқ фосфогипси яримгидрати эса - $175-180^{\circ}$ С ҳароратда сувини йўкотади.

Воскресенск фосфогипсининг петрографик синов намунаси друзалар (1,0 ммгача), таблеткасимон ва призма шаклидаги кристаллчалар ўсимталаридан (0,2 ммгача) иборат. Кристаллчалари рангсиз, сувдек тиниқ ёки тарқоқ ҳолдаги майда чанг заррачалари ҳамда сиртидаги суртмалар ҳисобига ним қўнғир рангда. Оптик константалари ($N_g - 1,530$; $N_p - 1,520$; $N_g - N_p = 0,010$; $N_g = 45-48^{\circ}$) кальций сульфатнинг дигидрати учун хосдир.

Деярли ҳамма кристаллчалар таркибида кўп сонли холсимон минерал заррачалар бор. Рангсиз, ним яшил-кўк, 0,01 мм ўлчамдаги думалоқ ёки чўзинчоқ шаклдаги доначалар кўзга ташланади. Уларнинг нур синдириш кўрсаткичи - 1,600-1,605; изотроп. Бундан ташқари, тахминан шунча миқдордаги майда (0,005-0,01мм), куб сингонияли изотроп ҳосилалар кўринишидаги холланмалар бор. Нур синдириш кўрсаткичи 1,450 га яқин, эҳтимол, $Na_7/PO_4/F \cdot 19H_2O$ бўлса керак. Воскресенск фосфогипсининг эримайдиган қолдиги таҳлили шунини кўрсатадики, унинг асосий таркиби SiO_2 , FeO_3 ва TiO_2 бўлиб, Олмалиқ фосфогипсининг 96% эримайдиган қолдиги таркиби SiO_2 дан иборат.

Петрографик таҳлил натижасида шу нарса аниқландики, эримайдиган қолдиқ таркибида тахминан 60% авгит (юқори қўш нур синдириш кўрсаткичига эга бўлган яшил-кўк кристаллар), 10-15% эпидот (кристаллари кулранг, ним яшил-кўк, юқори қўш нур синдириш кўрсаткичига эга, кесишган николлари камалаксимон), цоизит (кристаллари кулранг ёки рангсиз бўлиб, қўш нур синдириш кўрсаткичи паст) ва 15% руда минераллари бор. Эримайдиган қолдиқнинг рентгенографик таҳлили петрографик тадқиқот натижаларини тасдиқлайди.

11§. Фосфогипсдан халқ хўжалигининг турли соҳаларида фойдаланиш имкониятлари

Турли саноат чиқиндиларидан самарали ва тежамли фойдаланиш иқтисодий ва ижтимоий энг муҳим аҳамиятга молик вазифадир. Хозирги кунда фосфогипсдан фойдаланиш ёки уни қайта ишлаш масаласи янги қурилажак ва мавжуд кимё заводларини ишлатишга тўсиқ бўлиб қолмоқда.

Хом ашёни комплекс қайта ишлаш борасида анчагина мувофақиятларга эришилган бўлсада, фосфогипсдан фойдаланиш муаммоси аввалгидек долзарб бўлиб қолмоқда. Жаҳонда бирнеча 100 млн тонналаб тўпланиб қолган фосфогипсни мутлақо кераксиз, ишлатиб бўлмайдиган нарса деб ҳисоблаш ўринсиз бўлиши барчага равшан. Бунинг устига асосий маҳсулот билан биргаликда кўплаб фосфогипс чиқиндиси олинishi ҳали узоқ давом этади,

бинобарин, фосфогипсдан фойдаланиш илмий ходимлар, мухандислар ва иктисодиётчилардан катта эътибор талаб қилади.

Асосий ишлаб чиқарилаётган маҳсулот билан биргаликда вужудга келадиган фосфогипс миқдори қайта ишланаётган ҳар тонна фосфорит ёки апатитга нисбатан 1,4 тоннадан 1,6 тоннагача бўлади. Бошқача қилиб айтганда, фосфат хом ашёсини қайта ишлайдиган завод бир вагон фосфорит ёки апатит олиб, завод территориясидан фосфогипс тарзида 1,5 вагон фосфогипс чиқариб ташлаши керак, уни олиб бориш ва сақлаш кўплаб маблағ сарфлашни тақазо этади.

Бундан ташқари, санитария талабларини қондириши, сувнинг тозалигини кузатиб туриш ва тирик мавжудотларни ҳаётини муҳофаза қилиш, яъни чиқинди сувларни йиғиб, ана шу суюқ муҳит таркибидаги фосфогипс, фтор бирикмалари, ювилмай қолган сульфат кислота, фосфор кислоталарини зарарсизлантириш қўшимча маблағ сарфлашни талаб қилади.

Фосфогипсдаги гипс кристаллари бир хил бўлмайди, баъзи бирларининг решеткаларида (панжара) SO_4^{2-} иони, SiO_4^{2-} ва PO_4^{3+} ионларига, кальций иони эса Al^{3+} , Fe^{3+} ва сийрак ер элементларига алмашган бўлади. Шунинг учун бундай сунъий гипс фосфогипс деб аталади. Бу ҳолат оддий технология асосида фосфогипсдан олинадиган гипс боғловчи моддаларнинг хоссасини ёмонлаштиради. Бироқ қуйида санаб ўтиладиган махсус ишлаб чиқилган усуллар асосида сувсизлантириш йўли билан фосфогипсдан сифати худди энг яхши табиий хом ашёдан ҳосил қилинадигандагидан қолишмайдиган тайёр боғловчи модда олиш мумкин. Бу усуллар жумласига қуйидагилар киради:

1. Сувда ювиш орқали P_2O_5 нинг эрийдиган шаклини йўқотиш.
2. Эркин фосфор кислотани оҳак билан нейтраллаш.
3. Фтор ёки хлор апатит тарзида H_3PO_4 ни чўктириш учун оҳак сутига фтор ёки хлор қўшиб фосфогипсга ишлов бериш.
4. Фосфогипсга 120-150 даражали ҳароратда термик ишлов бериш, кейин сульфат кислота ва фосфор кислоталар аралашмасида сувсизлантириш.

Мазкур аралашмада H_2SO_4 концентрацияси 0,5% ортади, оғирлик массаси нисбати $\text{H}_3\text{PO}_4 : \text{H}_2\text{SO}_4$ бирдан кам. Натижада ҳосил бўлган маҳсулотда фосфор кислота миқдори 0,3 фоизгача, CaF_2 миқдори эса 0,02 фоизгача камаяди. Шу йўсинда олинган гипс табиий гипс хоссаларига яқинлашади.

5. Бирмунча қолдиқ кислотаси ва қўшимчалари бўлган фосфогипсда гипс рН ини 7 дан ошириш учун етарли миқдордаги оҳак ёки кальций гидроксиди қўшилади. Кейин рН ни 7 га қадар камайтириш учун куйдириб, алюминий сульфат билан ишлов берилади.

6. Фосфогипсга иссиқлик таъсирида ишлов берилади. Натижада кальций сульфат оралик шаклга ўтади. Иссиқлик таъсирида ишлов берилган маҳсулот таркибида ё оҳак, ё оҳакли цемент, ё уч валентли темир сульфати, ёки уларнинг аралашмаси бўлган сув билан аралаштирилади.

Шундан кейин кальций сульфат икки сувли бўлгунига қадар гидратлантирилади, аралашмалар эса сувда эримайдиган шаклга киради. Яна иссиқлик таъсирида ишлов берилса, ярим сувли кальций сульфат ҳосил бўлади.

7. Фосфогипсни 60-90⁰ бир ёки босқичли гидросепарация жараёни ёрдамида тозалаш оқибатида соф $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ кристаллари вужудга келади.

Юқорида санаб ўтилган усуллардан бири ёрдамида фосфогипсга ишлов берилганидан кейин бинокорлик гипси ва ўта мустаҳкам гипс, оҳак гипсли боғловчи модда, фосфоангидрид цемент ва бошқалар сингари ҳавода қотадиган боғловчи материаллар ҳосил бўлади.

Бундан ташқари, ишлов берилган фосфогипсдан сифатли табиий икки сувли гипс ўрнида ҳам фойдаланса бўлади.

12§. Фосфогипсдан ҳавода қотадиган материаллар олиш

Юқорида айтиб ўтилганидек, замонавий усуллардан фойдаланиб табиий гипсдан олинган барча турдаги ҳавода қотадиган боғловчи материаллар қайта ишланган фосфогипсдан тайёрланиши мумкин:

Ҳавода қотадиган боғловчи материаллар олиш учун фосфогипсни қайта ишлаш хусусидаги илк бор лаборатория тадқиқотлари 1933-1935 йилларда ўтказилган. ўша пайтда П.П.Будников, М.И.Гершман ва С.М.Рояк каби тадқиқотчилар қурилиш гипси ҳосил қилишганди-ю, аммо улар икки сабабга биноан бундай гипсни саноат миқёсида ишлаб чиқариш мақсадга мувофиқ эмас, деган фикрга келдилар: биринчидан фосфогипсда мавжуд бўлган фосфат кислота тайёр маҳсулотни тишлаб қолиш муддатини қисқартиради, иккинчидан, қурилиш фосфогипсининг механик хусусиятлари ғоят паст даражада бўлиб, у фақат қурилиш гипсига қўшимча сифатидагина қўлланиши мумкин.

Мазкур тадқиқотлар фосфогипсининг экстракция жараёнида кристалланишининг оптимал шароитлари ҳали ҳам ҳал қилинмаган ва фосфогипсдан сувда эрувчан фосфат кислотасини ювиб чиқариш жараёни анча мураккаб бўлган вақтда, яъни сульфат кислота билан фосфоритларнинг парчаланиш жараёнини ўрганишнинг дастлабки даврида олинган фосфогипс намуналарида ўтказилган эди.

Маълумки, қурилиш гипсига фосфат кислота тарзида 0,63 фоиз P_2O_5 қўшиш боғловчи модда қотаётганида унинг мустаҳкамлигини чўзилиш ва сиқилишга бўлган чегарасини мувофиқ тарзда 23 дан 15 гача ва 100 дан 33 кг/см² гача камайтиради. Бу ҳол фосфогипсдан у куйдирилгунига қадар сувда эрийдиган фосфат кислотанинг кўп қисмини йўқотиш кераклигидан далолат беради. Америка патентларида кўрсатилишича, ҳатто сувда эрийдиган P_2O_5 нинг 0,1% ҳам тайёр маҳсулот мустаҳкамлигини анча камайтиради, кўп миқдордаги фосфат кислота эса гидратланишда кристалланиш жараёнини шу қадар бузадикки, натижада куйдирилган гипс яроқсиз бўлиб қолади.

Ўғитлар ва инсектицидлар илмий тадқиқот институтида экстракция жараёнини ўзлаштириш ҳамда яхши кристалл структурали фосфогипс олиш мобайнида фосфат кислотани йўқотишнинг икки оддий усули синаб кўрилди:

- а) Фосфогипсни тўғридан-тўғри сув билан ювиш;
- б) Сувда эрийдиган кислотани оҳак сути билан нейтраллаш.

Муайян миқдордаги ҳавода қурилган фосфогипс уй ҳароратидаги сувга солингандан кейин филтрланиб ювилгач, фосфогипс сувда эрийдиган фосфат кислотадан осонгина халос бўлади. Агар фосфогипс таркибида 2% P_2O_5 бўлса, уни ювиб тозалаш учун бир килограмм ҳавода қурилган фосфогипсга 2-2,2 литр сув кифоя қилади.

Сувда эрийдиган P_2O_5 ни оҳак сути билан нейтраллаш. Бунинг учун фосфогипс пульпасига ҳисоб-китоб асосида таркибида 10% $Ca(OH)_2$ бўлган оҳак сути қўшилади, кейин пульпа 2 соат мобайнида қориштирилади. Нейтраллаш реакциясининг тугаши фенолфталеин бўйича кузатилиб турилади.

Фосфогипс сувда эрийдиган P_2O_5 дан ювиб тозалангандан сўнг ундан фосфогипсли боғловчи олиш мумкин. Ана шундай боғловчи модданинг сифати механик мустаҳкамлиги ҳамда тишлашиш муддатлари бўйича ГОСТ талабларига мувофиқ келади.

Қурилиш гипси тез тишлашадиган ва тез қотадиган боғловчи моддадир. Одатда у 5-15 дақиқа ичида тишлашади. Бу ҳол бир қанча ноқулайликларга сабаб бўлади, чунки қорилган гипсни тишлашиб қолмасидан илгари ишлатиш керак. Агар тишлашиш жараёни бузилса, ҳосил бўлаётган кристалл ўсимталари парчаланиб кетади ва мустаҳкамлиги кескин камаяди. Шу боисдан тишлагунига қадар ишлатиб тугатиш учун гипсни ё оз-оз миқдорда қориш ёки гипсга тишлашиш жараёнини сусайтирувчи ҳар хил моддалар қўшиш мумкин. Сульфит-спиртли барда, танакор, казеин ва бошқалар ана шундай хусусиятли моддалар жумласига киради.

Заводларда гипсдан бинокорлик деталлари тайёрлаш ва уларни совуқда қотиришда қурилиш гипсининг тишлашишини тезлаштириш талаб этилади. Бунинг учун қурилиш гипсига

икки сувли гипс, ош тузи, калий сульфат ва натрий сульфат, сульфат кислота, ишқорлар, кремний фторидли калий ва бошқа бир қанча моддалар қўшилади.

Қурилиш фосфогипси ҳавода қотадиган боғловчи модда бўлиб, сув ичида барпо этиладиган иншоатларда ундан фойдаланиб бўлмайди, чунки бунда қотиш вақтида ҳосил бўладиган икки сувли гипс эриб, кристалларнинг ўсиб туташган структураси парчаланиб кетади.

Гипс қайта қурилганда унинг мустаҳкамлиги яна тикланади. Гипсдан тайёрланган маҳсулотнинг сувга бу қадар кам чидамли бўлишининг асосий сабаби сув пардаларининг қотган гипсдаги кристалл структуралар айрим элементларини ажратиб, парчаловчи таъсир кўрсатишидир. Агар гипсдан тайёрланган маҳсулот ёғин сочин намликдан сақланса, узоққа чидайдди.

Қурилиш гипсидан, асосан сувоқ учун оҳак-гипс қоришмаси тайёрлаш ва бинокорлик деталлари ишлаб чиқаришда фойдаланилади.

Шуниси диққатга сазоворки, қурилиш гипсига ҳеч нима аралаштирмай, ўзини соф ҳолда ишлатавериш мумкин, чунки у қуриганда ёрилиб кетмайди. Оҳак-гипс шувоқ қоришмаларида бир хажм гипсга бирдан то беш хажмгача оҳак қўшилади, натижада қоришманинг тишлашиши секинлашиб, эластиклиги ортади.

Боғловчи моддани тежаш ва оҳакнинг дарз кетишига барҳам бериш, учун гипс ва оҳак аралашмасига бирдан то уч хажмгача кум ёки унинг ўрнини босадиган бошқа модда (тошқол, пемза, ёғоч кипиги ва қириндиси сингари нарсалар) қўшилади. Сувоқ қоришмаси тайёрлашда қурилиш гипсига оҳак қўшмаса ҳам бўлади, бироқ бунда тишлашишни сусайтирувчи бирон модда аралаштириш керак.

Оҳак-гипс қоришмалари оҳак қоришмасидан тез қотиши ва анча мустаҳкамлиги билан, гипс қоришмасидан эса эластиклиги ҳамда секин тишлашиши билан фарқланади. Гипс қоришмасида гилдан ҳам фойдаланилади.

Қурилиш гипсидан хилма-хил гипс ва гипс-бетон маҳсулотлар тайёрланади. Чунончи: курук, сувоқ, девор плиталари ва панеллар, қаватлар орасига қўйиладиган деталлар, архитектура-бинокорлик маҳсулотлари, вентиляция қутилари, термоизоляция плиталари ва бошқалар. Сўнгги вақтларда қурилиш ишларининг индустрлашиши муносабати билан гипсдан тайёрланадиган бинокорлик маҳсулотлари тобора кенг қўлланилмоқда.

Бугина эмас, қурилиш гипси оқ рангли бўлганлигидан, у сунъий мармар ва баъзи хил бўёк ҳамда бўр тайёрлашда ҳам қўлланилмоқда. Керамика саноатида гипсдан қолиплар тайёрлашда фойдаланилади. Шунингдек кўзгу ва оптик шишалар ишлаб чиқаришда ҳам гипс асқотади.

Гипс асбест ва бошқа материаллар билан аралашма ҳолида иссиқликни ўтказмайдиган буюмлар тайёрлашда қўлланилади.

Фосфогипсдан ангидрид цемент олиш. Бундан эллик беш йил муқаддам кимёгар олим П.П. Будников, оз миқдордаги ишқорлар, кислоталар, ўрта ва нордон тузлар эримайдиган ангидриднинг гидратланишига имкон беришини кўрсатиб ўтган эди.

Ангидрид цементи асосан сувсиз кальций сульфатдан таркиб топган, табиий ёки синтетик гипсни 600-700 даража ҳароратда куйдириб олинадиган ва кейин бошқа турли қўшилмалар-катализаторлар билан биргаликда кукун холигача майдаланган маҳсулотдир. Қўшилмалар сифатида оҳак, ҳар хил сульфатлар, куйдирилган доломит, асосий майдаланган домна тошқоли ва бошқа бир қанча материаллар ишлатилади.

Фосфогипсдан ангидрид цемент олиш борасида Р.Э. Симоновская, П.Ф. Гордашевский ва В.И. Березовский (Россия) махсус тадқиқот ўтказишган. Улар боғловчи модда қотишида катализаторлар сифатида натрий сульфат ва натрий биосульфат, фосфогипс сингари моддалардан фойдаланишди.

Одатда ангидрид цементга фаоллаштирувчи моддалар ангидридни майдалаш вақтида қўшилади, шу моддалардан сувда яхши эрийдиганларини ангидрид цементини сувда қориш вақтида аралаштириш мумкин. Мазкур боғловчи модда қотиши қўшигидрат ҳосил бўлиши туфайли рўй беради.

Ангидрид цементининг сувга бўлган талаби ва сув сингдириш қобилияти асосан унинг қай даражада майдаланганлигига боғлиқ, меъёридагидек қуюқ бўлган қоришма ҳосил қилиш учун одатда 30-35% сув қўшилади.

Кам куйдириладиган гипсли боғловчи моддалардан фарқли ўлароқ, ангидрид цементи қотаётганда ҳажман кенгаймайди.

Сўз юритилаётган мазкур цемент гидравлик хусусиятларга эга эмас. У нам ҳаво муҳитида ғоят жадал суръатда қотади. Намлик муҳитда дастлабки қотишдан кейин ангидрид цементи қуруқ муҳитда тобора мустаҳкамланаверади. Котган боғловчи модда сувда узоқ вақт туриб қолса, унинг мустаҳкамлик даражаси пасаяди, кейин қуруқлик шароитида ангидрид цементининг мустаҳкамлиги яна ортаверади. Борди-ю ангидрид цементига фаоллаштирувчи модда сифатида домна тошқоли қўшилса, унинг сувга чидамлилиги ортади.

Бинокорлик қоришмалари ангидрид цементидан тайёрланган бўлса, 15 мартагача музлаб-эриганда ҳам сезиларли даражада бузилмайди. Уйнинг чоксиз тушалмаси, линолеум ости тушалмаси ҳосил қилиш, турли хил сувоқ ва оралик қоришмалар, органик ва ноорганик тўлдиргичли енгил бетонлар, оғир бетонлар ишлаб чиқариш, шунингдек, сунъий мрамар тайёрлашда ангидрид цементидан фойдаланилади. Ангидрид цементидан ишланган

конструкция ва буюмларни ҳаво намлиги 60-70 фоиздан юқори бўлган ерларда қўллаб бўлмайд.

Оҳак-фосфогипс боғловчи материаллар. 1940 йили тадқиқотчилар Мак-Энелли томонидан тафсиқланган усул куйдирмай туриб гипс ва оҳакдан боғловчи моддалар олиш усулини қўлладилар.

Умуман олганда, сувоқчиликда оҳак ва сувоқ гипсидан иборат бинокорлик қоришмалари ишлатилади. Оҳак одатда оҳак хамир тарзида қўлланилади, бунинг учун у сўндирилади. Оҳакни сўндириш экзотермик жараён бўлиб, бунда муайян даражада иссиқлик ажралиб чиқади. Гипсни куйдириш эса эндотермик жараён бўлиб, бунда сув ажиралиб чиқади ва иссиқлик ютилади. Мак-Энелли гипсдан чиқадиган нам оҳакни гидратациялашда, оҳак гидратацияси иссиқлигидан эса гипсни куйдиришда жуда ўринли фойдаланган.

Тадқиқотчи Р.Э.Смирновская мазкур усул бўйича фосфогипс ва сўндирилмаган оҳакдан сувоқ қоришмаси олишга муваффақ бўлди. Бундан икки турдаги фосфогипс таркибида 0,4 ва 0,2 фоиз сувда эрувчан P_2O_5 бўлган ва умумий намлиги 45 фоизни ташкил этадиган ювилган ҳамда ювилмаган фосфогипс қўлланилади. Тажриба давомида фосфогипс сўндирилмаган оҳакни бирга қўшиб аралаштириш ва кукунлаш йўли билан мақбул сифатга эга бўлган сувоқ қоришмаси ҳосил қилиш мумкинлиги аниқланди. Очиқ ҳавода етти кун сақлангандан кейин бу қоришманинг чўзилиш мустаҳкамлигининг чегаравий кўрсаткичи 0,6-0,7 МПа ни ташкил этди.

Фосфогипс сувоқ қоришмасининг таркибий қисмларидан бири сифатида ишлатилганда, ундан фосфор кислотани ювиб чиқариб ташлашга ҳожат қолмайди. Фосфогипсда гидроскопик намнинг камайиши тайёр маҳсулот мустаҳкамлигининг ортишига имкон беради.

Сувоқ учун ишлатиладиган аралашма тайёрлашнинг қурилмали агрегатларда фосфогипс билан оҳакни бир вақтда қориштириш ва кукунлашдан иборат. Асос қилиб олинган материалларнинг хусусиятларига кўра, гипс-оҳак боғловчи моддаларнинг нисбий миқдори 50-70 фоиз фосфогипс ва 30-50 фоиз оҳакдан иборат. Ҳосил бўлган маҳсулотни маълум вақтгача барча жараёнлар тўла кечиб бўлиши учун тиндириб қўйиш лозим.

Аммо фосфогипсдан ҳавода қотадиған боғловчи материаллар олиш имкониятлари кенглигига қарамай, уларнинг қўлланиш кўлами чекланган. Ҳавода қотадиған боғловчи материаллар ва улардан тайёрланган маҳсулотлар қурилишда фақат ички пардозлаш ишларида қўлланилади, шунинг учун фосфогипсни қайта ишлашнинг юқорида санаб ўтилган усули жуда катта миқдордаги фосфогипсдан тўла фойдаланишни таъминлай олмайди.

13§. Фосфогипс боғловчи моддасини олиш технологиясини

тадқиқ этиш ва ишлаб чиқиш

(Экспериментал қисми М.А. Ахмедов, К.Э.Саркисян томонидан бажарилган). Тадқиқот ўтказиш учун Олмалиқ “Аммофос” ишлаб чиқариш бирлашмаси ва Воскресенск кимё комбинатларидан қуйидаги кимёвий таркибдаги фосфогипс синов намуналари олинди, фоиз ҳисобида (6-жадвал):

Намуналарни кимёвий таҳлил қилиш натижаларини солиштириб кўриб, шуни қайд этиш мумкинки, Олмалиқ фосфогипси ўз таркибида SiO_2 , P_2O_5 ва ишқорий моддаларнинг кўплиги ҳамда SO_3 , CaSO_4 ва нодир ер элементларининг камлиги билан Воскресенск фосфогипсидан фарқ қилади. Оптимал (энг мақбул) шаклдаги кальций сульфат нимгидрат кристалларини олиш учун Воскресенск кимё комбинати фосфогипси пульпасига гидротермал ишлов беришдан олдин сульфанол НП-3 ва айрим эрувчан анорганик бирикмалар каби нимгидрат кристалланиш бошқаргичлари (НКБ) - ростлагичлар киритилади.

6-жадвал

Оксидлар	Воскресенск фосфогипси	Олмалиқ фосфогипси
H_2O (400 ⁰ С)	20,0	17,9
SiO_2	0,9	9,7
Al_2O_3	0,8	0,2
Fe_2O_3	0,08	0,12
CaO	31,7	29,5
MgO	0,18	Кучсиз
SO_3	45,1	40,5
Na_2O	0,1	0,24
K_2O	0,08	0,12
P_2O_5 умум	1,27	2,10
РЗЭ	0,73	0,13
$\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	96,96	87,07
	100,84	100,51

Олмалиқ “Аммофос” ишлаб чиқариш бирлашмаси фосфогипси кимёвий, рентгеноструктуравий ва петрографик усуллар билан таҳлил қилинди. P_2O_5 шу жумладан сувда эрийдиган фосфор оксиди кўплиги фосфогипс водород кўрсаткичи қийматини паст бўлишига (рН=0,7) сабаб бўлди.

Фосфогипсга лаборатория шароитларида нафақат табиий ҳолатда автоклавда гидротермал ишлов берилди, балки кислота билан турлича даражада $pH=1,5$ ва $4,5$ гача ювилди, чунки нордон муҳитда ишлов бериладиган фосфогипс учун оптимал (энг мақбул) нордонлик айни мана шу катталиқни ташкил этиши шарт.

Фосфогипсни кристалланиш бошқаргич (ростлагич) ларисиз сувли муҳитда сувсизлантириш α - нимгидратнинг игнасимон кристаллари ҳосил бўлишига олиб келади, бу кўп сув талаб қиладиган боғловчи моддалар учун мақбул эмас, баъзан эса, масса аралаштириб бўлмайдиган ҳолатга келиб қолгани сабабли умуман жараённи амалга ошириб бўлмайди.

Бироқ лабораторияда ўтказилган тажрибалар жараённинг ўзидаёқ даврий равишда таъсир кўрсатиладиган автоклавда хом ашё сувсизлантирилган вақтда фосфоритли фосфогипсга нимгидрат кристалланиш бошқаргичлари (НКБ)ни киритишнинг ҳожати йўқлиги аниқланди, чунки уларсиз ҳам керакли ўлчамдаги кальций сульфат нимгидрат кристаллари ҳосил бўлар экан. Бу - фаол кремний II оксиди ва натрий бирикмаларининг катта миқдорда (9,7%) бўлиши билан изоҳланади, демак, фосфогипсда α - нимгидрат кристалларини бошқариш учун қулай шарт-шароитлар ярата оладиган аралашмалар бор экан.

Лаборатория шароитларида фосфат кислотасини турли даражада ювиш орқали олинган боғловчи моддаларни синаш натижалари фосфор, фтор ва ҳ.к. эрувчан бирикмалар фосфогипсни ювиш зарур эканлигини кўрсатади (7-жадвал):

Бу ҳолда пульпада $pH=$ фосфогипс с:к=1, 1,5 дан ортиқ бўлганида - маркаси (русуми) 200 бўлган техник гипс, $pH=4,5$ бўлганида эса, ундан ҳам кўпроқ $M=300$ техник гипс олиниши мумкин.

Боғловчи моддаларни фаоллаштириш ва гранулометриқ таркибини яхшилаш учун улар тажрибада синашдан олдин титратиш тегирмончасида мақбул солиштирма юза $3,5-4 \text{ см}^2/\text{гр}$ ҳосил бўлгунича майдаланган. Лабораторияда ва саноат корхоналарида ўтказилган тажриба тадқиқотлари Олмалиқ фосфогипсидан мустаҳкамлиги юқори даражада бўлган боғловчи моддалар, яъни пишиқ, мустаҳкам гипс олиш мумкинлигини кўрсатди.

Сульфат кальций нимгидрат кристалланишини, қўшимча НКБ ни киритмай туриб, фосфогипс таркибида мавжуд бўлган аралашмалар ҳисобига амалга ошириш мумкинлиги аниқланди. Ҳосил қилинган боғловчи модда таркибида нодир ер элементлари кам бўлгани ва фосфатларнинг нордон фильтр билан бирга кетгани учун унинг тишлашиш муддатлари анча қисқа бўлади. Фосфорит фосфогипсидан олинган боғловчи модда гипс таркибли чиқиндилардан гипсли боғловчи моддалар учун қўйиладиган ТУ 21-31-75 талабларига жавоб беради.

Тавсифи (хусусиятлари)	Ювилмасдан РН=0,7	РН=1,5 гача ювилганида	РН=4,5 гача ювилганида
Сувга талабчанлиги, %	30	31	33
Тишлашиш муддатлари: соат, мин бошланиши тугаши	13-10 22-30	9-20 14-50	5-50 8-20
Эгилишга мустаҳкамлиги: МПа			
1,5 соатдан кейин	1,1	2,4	3,7
1 суткадан кейин	2,3	3,4	4,8
қуритилганлари	3,7	4,8	6,9
Сиқишга чидамлилиги: МПа			
1,5 соатдан кейин	2,3	3,6	6,9
1 суткадан кейин	4,4	7,4	12,0
қуритилганлари	9,8	21,0	32,0

Сульфат кальций α -нимгидратининг тажриба ўтказиш учун мўлжалланган намуналари кимёвий ва рентгенографик тадқиқотлардан, шунингдек кимёвий таркиби қуйидагилардан иборат фоиз ҳисобида:

П.п.п.=6,64	Fe ₂ O ₃ =0,40	Na ₂ O=0,03
SiO ₂ =6,46	CaO=35,44	K ₂ O=0,07
Al ₂ O ₃ =0,32	SO ₄ =49,56	P ₂ O ₅ =1,72 =100,64

Кальций сульфат α -нимгидрат рентгенограммасида нимсувли гипсининг 5,98; 3,44; 2,99; 2,79; 2,12; 1,84; 1,68 Å га тенг масофа d оралигида бўлган текисликлар ўртасида жуда катта қизиқ чизиқлари ҳамда кварцнинг d-3,33 ва 2,45 Å ўзига хос чизиқлари бор. Қуйида ярим саноат қурилмасида ҳосил қилинган α -нимгидратнинг синов натижалари кўрсаткичлари келтирилган: сув талабчанлиги - 31%, тишлашиш муддати (бошланиши) - 10 мин, (охири) - 15 мин, эгилишга чидамлилиги 1,5 соатдан кейин 2,6; 1 суткадан кейин - 3,9; қуритилганлариники - 5,1 МПа сиқишига чидамлилиги 1,5 соатдан кейин 4,7; 1 суткадан кейин - 8,9; қуритилганлари- ники - 28,0 МПа.

Шундай қилиб тадқиқот ва ярим саноат синов натижалари Олмалик фосфогипсидан маркаси (русуми) 200 ва 300 бўлган юқори даражали мустаҳкам гипс боғловчи моддаларини олиш мумкинлигини тасдиқлади.

Фосфогипсли ҳавода қотадиган боғловчи модда - ангидрид цемент ишлаб чиқариш учун текшириб кўрилди. Ангидрид цементнинг асосий таркибий қисми сувсиз кальций сульфат (CaSO_4) дан иборат бўлиб, табиий гипс тошини $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 600-750⁰ ҳароратда куйдириш йўли билан олинади. Ангидрид цемент ишлаб чиқариш учун таркибида гипс бўлган турли кимёвий чиқиндилардан фойдаланиш мумкин.

Биз куйидаги кимёвий таркибли фосфогипсдан унга ишлов бермасдан фойдаландик :

П.п.п.=20,90	$\text{Fe}_2\text{O}_3=0,53$	$\text{Na}_2\text{O}=0,15$	$\text{MgO}=0,12$
$\text{SiO}_2=9,00$	$\text{CaO}=27,60$	$\text{K}_2\text{O}=0,17$	
$\text{Al}_2\text{O}_3=0,32$	$\text{SO}_4=39,70$	$\text{P}_2\text{O}_5=1,72$	

Куйдириш жараёнини муфель печкасида 600-750⁰ даража ҳароратда ҳар 50⁰ дан кейин 2 ва 4 соат тутиб туриб бажардик. Куйдирилган маҳсулотлар кимёвий таҳлил қилинди, унинг натижалари куйдирилган маҳсулотлар кимёвий таркибида сезиларли фарқларни кўрсатмади.

Рентгенограммаларда текисликлараро масофалари $d=3,49; 2,83; 2,45; 2,32; 2,19; 2,08; 1,86; 1,74; 1,64 \text{ \AA}$ такрорланадиган ангидриднинг кучли чизиклари бор.

Физик-механик синовлардан ўтказиш учун куйдирилган материаллар элакда 008 8-10% қолдиқ қолгунига қадар эланди.

Сув боғловчи нисбати нормал қуюқлашиши мувофиқ равишда шакллантириш учун қабул қилдик. Котиш катализаторлари сифатида оҳак (1-5%), CuSO_4 (0,8%) мис ишлаб чиқариш корхонасининг чиқиндиси сиштоф (10% гача), домна шлагги (10% гача) Na_2SO_4 (0,6%)+ CuSO_4 (0,8%) нордон, нейтрал ва реактив глинозем (1,5%).

8-жадвал

Намуналар мустаҳкамлигини (МПа) температура (°C)

ўзгаришига қараб ўзгариши

Катализатор %	600		650		700		750	
	эгл-га	сиқ-га	эгл-га	сиқ-га	эгл-га	сиқ-га	Эгл-га	сиқ-га
$0,6\text{Na}_2\text{SO}_4+0,8\text{CuSO}_4$	0	2,3	2,5	8,6	1,5	2,9	0,9	4,8
Нордон глинозем	0,7	8	2,7	8,8	1,5	5,1	0,9	3,5

Нейтрал глинозем	0,7	4	2,1	2,2	1,6	5,7	1,1	4,5
Оҳак -1,0	0	0	0,6	2,5	0	0	0,5	2,1
Оҳак -2,0	1	3,9	2,7	11	1,8	6,7	1,3	6,1
Оҳак -3,0	2,1	7,4	3,0	11,6	1,7	6,5	2,0	8,8
Оҳак -4,0	2,4	7,7	2,8	11,5	1,0	2,8	2,2	8,9
Оҳак -5,0	4,1	13,1	4,6	17,5	2,0	7,3	2,1	7,6

Фосфоангидридли боғловчи асосида 1:3 боғловчи : қум массаси таркибли қоришма бўйича стандарт 4x4x16 см таёқча намуналари етти суткадан сўнг синалади. Тишлашиш муддатлари ГОСТ талабларига тўла жавоб бериши аниқланди.

Катализатор қўшимчасиз 600-700⁰ турли муддатда куйдирилганда фосфогипс ҳеч қандай мустаҳкамлик бермади. CuSO₄ катализатори қўшимчаси қўшилган намуналарни қолиплардан ажратиб олиб бўлмас эди, чунки мис сульфати қолип мойлари билан реакцияга киришиб кетган эди.

Сиштоф, домна тошқоли, реактив глинозем қўшилганда намуналар мустаҳкамлигини йўқотиб, сочилиб кетар эди. 2 дан 5% оҳак катализатори 650⁰ куйдирилган фосфогипсга қўшилганда ҳосил бўлган боғловчи энг яхши физик-механик характеристикаларга эга бўлди. Ушбу маълумотлар қуйидаги 8-жадвалда келтирилган.

Шундай қилиб, юқори ҳароратда куйдирилган ангидридли боғловчи олиш учун ўтказилган тадқиқотлар, табиий ангидриддан олинган ангидрид цементидан мустаҳкамлиги бўйича қолишмайдиган боғловчи олиш имконияти борлигини кўрсатди.

14-§. Магнезиал боғловчилар

Магний хлорид (MgCl₂) нинг сувли эритмаларига қориладиган ва майда туйилган каустик магнезит ёки каустик доломит қуқунларидан иборат ҳавода қотадиган боғловчи моддалар магнезиал боғловчи материаллар деб аталади.

Каустик магнезит қуқуни билан магний хлорид эритмасининг ҳавода тез қотадиган ҳамирсимон аралашмаси баъзан Сорель цементи деб (ихтирочининг номи билан) аталади.

Каустик магнезит ва магнезиал цементнинг кимёвий таркиби туфайли органик тўлдиргич (ёғоч қипиғи, қиринди-тарашаси ва бошқа) ларнинг бирикиши-ёпишиши учун қулай шароитлар туғилди. Улар магнезиал боғловчилар муҳотида чиримайди ва парчаланмайди.

Магнезиал боғловчилар билан асбест ва бошқа толасимон тўлдиргичлар ишлатиш ҳам анча фойдали.

Каустик магнезит табиий магнезитни $750-850^{\circ}\text{C}$ температурада куйдириб, сўнгра пишган маҳсулотни кукунсимон ҳолгача туйиш йўли билан олинади.

Магнезит магний карбонат (MgCO_3) туздан иборат бўлиб, табиатда икки хил, яъни аморф ва кристалл кўринишда учрайди.

Кристалл магнезит (таркибидаги кўшилмаларга қараб) қул ранг, оқ, баъзан сариғ ва ҳатто жигар ранг тусда аниқ кристалл тузилишда ва шишадек ялтироқ бўлади. Унда CaCO_3 ва FeCO_3 кўринишлардаги кўшилмалар бор. Аммо соф ҳолида ҳам учрайди.

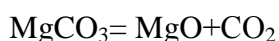
Магнезитнинг кимёвий таркиби куйидагича: 47,82% MgO ва 52,18% CO_2 .

Каустик доломит табиий доломит ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$) ни куйдириш натижасида олинади. У кальций ва магнийнинг қўш туздан иборат бўлиб, куйидаги кимёвий таркибга эга: 54,2% CaCO_3 ва 45,8% MgCO_3 .

Каустик магнезит ишлаб чиқариш тайёрлаш жараёнлари (хом ашёни қазиб олиш, саралаш, майдалаш) ва асосий жараёнлар (куйдириш ҳамда туйиш) дан иборат.

Хом ашё ишлаб чиқариш схемасига қараб майдаланади. Масалан, шахта печлар учун йирик, айланма печлар учун майдароқ материал зарур.

Магнезитни куйдириш учун печларнинг ҳамма туридан (хумдондан тортиб махсус конструкциядаги механик печларгача) фойдаланиш мумкин, аммо кўпгина ўтхонаси ташқарига жойланган шахта печларда куйдирилади. Куйдираётганда магнезит парчланади ва куйидаги реакция бўйича магний оксиди билан ангидрид газига ажралади:



Магний карбонатнинг парчаланиш реакцияси эндотермик реакция ҳисобланади, яъни бу реакция содир бўлиши учун талайгина миқдорда иссиқлик (1кг MgCO_3 га 344 ккал) сарфлаш талаб қилинади. Магний карбонат 500°C да парчалана бошлайди деб қабул қилса бўлади, лекин $600-650^{\circ}\text{C}$ да талабдагидек тез ўтади. Завод шароитларида магнезит нисбатан анча юқори, тахминан 800°C , айланма печларда эса 1000°C гача температурада куйдирилади.

Магний карбонатнинг парчаланиш реакцияси умуман қайтарма реакциядир. Реакция талабдагидек йўналишда бўлиши учун реакция маҳсулотларидан бири, яъни CO_2 табиий ёки суъний йўл билан чиқариб ташланади, шунингдек куйдириш температураси назарий зарур температура даражасидан оширилади. Бироқ жуда ҳам юқори температурадан фойда йўқ, чунки MgO нинг боғловчилик хоссалари ёмонлашади.

Магнезитни 1300°C дан ортиқ температурада куйдириш натижасида «ўта пишган» магнезит ҳосил бўлади. Бундай магнезитни туйганда боғловчи модда бўлмай қолади, балки ўтга чидамли магнезит буюмлар ишлаб чиқариш учун хом ашё сифатида ишлатишга ярайди, холос.

Демак, CO_2 батамом ажралиб чиққанида куйдириш температураси (рухсат этиладиган чегаралар) да қанчалик паст бўлса, каустик магнезит шунчалик сифатли чиқади.

Каустик магнезит қанчалик сифатли пиширилганини унинг солиштирма оғирлигига қараб аниқлаш мумкин. Стандартга қараганда солиштирма оғирлиги $3,1-3,4 \text{ г/см}^2$ бўлиши керак. Куйдирилмаган магнезитнинг солиштирма оғирлиги ўртача ҳисобда-3, «ўта куйдирилгани» ники эса $-3,7 \text{ г/см}^3$. Шунинг учун ҳам чала куйдирилганда магнезитнинг солиштирма оғирлиги $3,1$ дан паст, ўта пиширганда $3,4 \text{ г/см}^2$ ортиқ бўлади.

Доломитлар кескин ўзгарувчан таркибли бирикмалардир. Шунинг учун ҳам каустик доломит ишлаб чиқараётганда табиий доломит кимёвий таркибини билишга катта эътибор берилиши лозим. Бунинг учун конда унинг ўртача намуналарини танлаб олиб, кимёвий таҳлил қилиб кўриш зарур.

Табиий доломитни тахминан $650-750^{\circ}\text{C}$ да (чала) куйдирганда каустик доломит ҳосил бўлади.

Каустик магнезит ишлаб чиқараётгандагидек доломит шахта ва айланма печларда чала куйдирилиши мумкин.

Доломитни чала куйдирганда MgCO_3 декарбонлашади (парчаланаяди) ва MgO га айланади. CaCO_3 нинг кўп қисми парчаланмай қолади, чунки унинг диссоциация температурасидан юқори чала куйдириш натижасида таркибида магний оксиди, оҳактош ва озгина микдорда оҳак бўлган маҳсулот ҳосил бўлади.

Температура $800-1000^{\circ}\text{C}$ гача кўтарилганда куйдирилган маҳсулот таркибида анчагина микдорда сўна оладиган кальций оксиди бор доломит оҳакдан иборат бўлади. Температура 1300°C дан юқори бўлса, «ўта пишган» доломит ҳосил бўлади. Бу ҳам «ўта пишган» магнезит сингари ўтга чидамли буюмлар ишлаб чиқаришда ишлатилади.

Қоритқилар. Магнезиал боғловчи моддалар учун магний хлориднинг сувли эритмалари, шунингдек магний сульфати, темир сульфатларининг эритмалари ва бошқа тузлар қоритқи бўлиши мумкин. Каустик магнезитни сув билан қорилганда қотган цемент тош нисбатан унчалик мустаҳкам бўлмайди. Ҳолбуки хлорид ёки магний сульфати билан қорганда ниҳоятда мустаҳкам цемент тош ҳосил бўлади.

Таркибида магний хлорид сувли эритмаси бўлган кўллар саноат микёсида магний тузлар қазиб олиш манбалари ҳисобланади.

Магний хлорид маълум миқдордаги сувли эритма ҳолида қоритқи сифатида ишлатилади. Одатда солиштирама оғирлиги $1,09-1,26 \text{ г/см}^3$ гача бўлади.

Магнезиал цемент компонентларининг ўртача улуши актив магний оксиди (каустик магнезит умумий оғирлигининг тахминан 85% ини ташкил этади) ва қаттиқ (қуюқ) олти молекула сувли магний хлоридга ҳисоблаганда (оғирлиги жихатидан) 67-62 % MgO ва 33-38 % $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ дан иборат.

Сульфат кислотани магний оксиди билан нейтраллаб магний сульфати олиш мумкин.

Магний сульфатидан фойдаланаётганда куйидагича улушланади: сувсизлантирилган MgSO_4 га ҳисобланганда 80-84% магний оксиди ва 20-16% магний сульфати. MgSO_4 ли қоришмадан тайёрланган цемент тош MgCl_2 ли қоришмадан ишланганга қараганда унчалик мустаҳкам бўлмайди. Бироқ магний сульфатли қоришмадан тайёрланган цемент тошнинг гигроскопиклиги магний хлоридли қоришмадан ишланган цемент тошникидан анча паст бўлади.

Тайёр буюмларнинг гигроскопиклигини камайтириш ва уларнинг сувга чидамлилигини ошириш мақсадида каустик магнезитга қоритқи сифатида биргина ўзи ёки магний хлориди билан биргаликда темир купороси ишлатилади. Темир купоросини қўшиш магнезиал цементнинг тишлашишини тезлаштиради ва буюмларда шўра-доғларни камайтиради.

Хоссалари ва ишлатилиши. Каустик магнезит, шунингдек, каустик доломитнинг қотиш жараёнини, А.А. Байков назариясига кўра, уч даврга ажратиш мумкин.

Биринчи магний оксиднинг гидратацияланиши билан характерланади. Бу жараён давомида қўшалок бирикма $\text{MgO} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ҳосил бўлади (қоритқи сифатида MgCl_2 олинган бўлса). Гидратация ва қўшалок тузнинг ҳосил бўлиш реакциялари деярли қориб бўлгандан кейинроқ бошланади.

Иккинчи давр-тишлашиш ёки коллоидланиши. Реакциялар натижасида ҳосил бўлган бирикмалар ўта тўйинган эритма ҳосил қилади ва гел (ивик) шаклида ажралиб чиқади; тишлашиши тез бошланиб, тез тугайди, қотган массанинг коллоид ҳолати эса узоқ вақт давом этади.

Учинчи давр давомида коллоид масса яхна ҳолатида қайта кристаллашиш йўли билан кристалл ўсимтага айланади. Кристаллар ҳосил бўлса-да, улар жуда ҳам кичик, коллоид ўлчамларга яқин ўлчамларда бўлади.

Магнезит хом ашёни $800-850^\circ\text{C}$ температурада куйдириб, сўнгра майдалаб тайёрланадиган каустик магнезитнинг солиштирама оғирлиги, стандартга кўра, $3,1-3,45 \text{ г/см}^3$, ҳажм оғирлиги $-0,65$ дан $0,85 \text{ т/м}^3$ гача бўлиши керак. 21 номерли элакда кўпи билан 5% материал қолиши, 0085 номерли элакдан материалнинг камида 75% и ўтиши керак.

Каустик магнезитнинг кимёвий таркибини қуйидаги маълумотлардан билиб олиш мумкин (9-жадвал).

Каустик магнезит тишлашиши камида 20 минутдан кейин бошланиши, кечи билан 6 соатдан (қорган вақтдан ҳисоблаганда) тугатиш керак. Каустик магнезитни нормал шароитларда синаётганда ҳажман бир текис ўзгарадиган бўлиши зарур.

Бир суткадан сўнг чўзилгандаги мустаҳкамлик чегараси камида 1,5 МПа бўлиши керак (тузли эритмада қорилган каустик магнезит билан ёғоч қипиқлари аралашмасини синаётганда; қипиқсиз тайёрланса, бир суткадан сўнг чўзилишдаги мустаҳкамлик чегараси 5,0-10,0 МПа га, сиқилишдагиси эса 30,0-40,0 МПа га етади).

9-жадвал

Каустик магнезит кимёвий таркиби

Компонентларнинг номи	Магнезит таркибида оғирлик бўйича, % ҳисобида	
	2-класс	3-класс
Магний оксиди, (MgO) камида.....	83	75
Кальций оксиди, (CaO) кўпи билан.....	2,5	4,5
Хлорид кислотада эримайдиган қолдиқ, кўпи билан.....	2,5	4
Бир ярим миқдорли оксидлар $Al_2O_3+Fe_2O_3$	нормаланмайди	
110 ⁰ С даги намлиги, кўпи билан.....	1,5	1,5

Доломит ҳам ашёни магний карбонат диссоциацияси температурасидан юқори, бироқ кальций карбонатникидан кам (700⁰С га яқин) температурада чала куйдирилиб тайёрланадиган нимпишиқ доломитнинг солиштира оғирлиги 2,87-2,85 г/см³ атрофида, ҳажм оғирлиги эса 1,08 дан 1,11 т/м³ гача бўлиши керак.

Нимпишиқ доломит каустик магнезитга нисбатан қўйиладиган талабларга мос даражада майда туйилган бўлиши керак.

Каустик магнезит намуналарнинг чўзилишдаги мустаҳкамлик чегараси (3,7 ва 28 сутка тутилган) тегишлича камида 1,0, 1,6 ва 2,5 МПа бўлиши лозим. Намуналар оғирлиги бўйича 9 қисм каустик магнезит ва 1 қисм қипиқ аралашмасидан ясалади.

Магнезиал боғловчи чоксиз ксилолит пол қуришда ишлатилади. Бундай полларда асосий тўлдиргич сифатида ёғоч қипиқларидан фойданилади. Ксилолит поллар гигиена талабларига мослиги ва кўпга чидаши билан фарқ қилади. Иссиқни кам ўтказувчанлиги жиҳатидан эман

паркетга ўхшайди. Ксилолит пол кўпчилик фойдаланадиган жойлар (вокзал, клуб, магазин, касалхона ва бошқалар)да, турар жой биноларининг ёрдамчи хоналари (коридор, ошхона, зинапоя майдончалари ва ҳакозалар)да, шунингдек режими курук фабрика ва завод биноларида қурилади.

Ёғоч майдаси (қипиқ, ёғоч уни) ва магнезиал цементдан полга ишлатиладиган пресланган плиталар ясалади.

Магнезиал боғловчилар хоналарнинг ичини сувашда ҳам ишлатилади. Бундай ҳолларда тўлдиргич сифатида одатдаги дарё ёки сой қумини ишлатиш мумкин. Бундай сувоқ ниҳоятда мустаҳкам бўлади. Бундан ташқари ана шундай сувоқ ишлатганда цемент кам сарф қилинади ва бинонинг тезроқ фойдаланишга топшириш имкони туғилади.

Ҳар хил қурилиш деталлари (дераза таглари, зинапоялари, яхлит том, томга ёпадиган плиталар ва бошқалар), фибролит плиталар ва иссиқ ўтказмайдиган турли материаллар ишлашда ҳам ана шу боғловчилардан фойдаланилади.

4-боб. 15-§. Ҳавода қотадиган оҳак

Ҳавода қотадиган оҳак деб таркибида 8% гача гил қўшилмалар бўлган ва эриб ёпишиб қолмайдиган қилиб, бир меъёрда куйдирилган оҳактошларни майда туйиш натижасида ҳосил бўладиган ҳавода қотувчан боғловчи моддаларга айтилади.

Ҳали туйилмаган куйдириш маҳсулоти сўндирилмаган кесак оҳак (қайнама) деб аталади. У шу ҳолича боғловчи модда ҳисобланмайди ва уни қоришма ҳамда бетон тайёрлашда ишлатиб бўлмайди. Боғловчи қилиш учун кесак-оҳак майда туйилиши зарур.

Кесак-оҳакни майдалашнинг икки усули қўлланилади:

механик усул-шар ёки бошқа тегирмонларда туйилади;

сўндириш усули-оҳак бўлакларига сув билан таъсир қилинади; шунда оҳак ўз-ўзидан майда заррачаларга парчаланadi (диспергирланади).

Кесак-оҳак қандай усулда майдаланганига қараб, ҳавода қотадиган товар оҳакнинг қуйидаги турлари бўлади:

кесак-оҳак қайнамани механик усулда майдалаб тайёрланадиган сўндирилмаган туйилган оҳак. У таркибан асосан кальций оксидидан ташкил топган бўлади;

кесак-оҳак-қайнамани маълум миқдордаги сув билан (кукунсимон ҳолатга келгунича) сўндириб тайёрланадиган сўндирилган гидрат оҳак (пушонка-кукун). Кимёвий таркиби жиҳатидан у кальций гидрати $\text{Ca}(\text{OH})_2$ дан иборат бўлади;

кесак-оҳак-кайнамани ортиқча сув билан сўндириш натижасида ҳосил бўладиган маҳсулот – оҳак хамири; оҳак хамири асосан гидрат оксиди ва сувдан иборат бўлади.

Кесак-оҳак сўндириб ёки туйиб майдалаш жараёнида актив ёки гидравлик минерал қўшилмалар (домна ва ёқилғи шлаклари, кул, вулкан кули, пемза, туф, кварц қум, цемянка, трепел ва гипс тош) қўшиш мумкин. Оҳак қанча минерал қўшилма қўшиш мумкинлиги оҳакнинг активлиги ($\%CaO + \% MgO$) билан аниқланади. Аммо 12 жадвалда кўрсатилган миқдордан кам бўлмаслиги керак.

Оҳак ишлаб чиқариш учун оҳактошлардан фойдаланилади. Оҳактошларда кальций карбонатдан ташқари озми-кўпми магний карбонат ҳам бўлади. Куйдирилаётганда карбонат тузлари қаттиқ CaO ва MgO оксидлари ҳамда газсимон маҳсулот – CO_2 га диссоциацияланади. Газсимон маҳсулот чиқариб ташланади, қолган қаттиқ оксидлар эса ҳавода қотадиган сўндирилмаган оҳак таркибига киради. Ҳавода қотадиган оҳак қанча магний оксиди борлигига қараб оз магнезиалли (5% гача магний оксиди бор) магнезиалли (5 дан 20% гача магний оксиди бор) ва доломитли (20 дан 41% гача магний оксиди бор) оҳакларга бўлинади.

Оҳакда магний оксиди ва гил-аралашмалар бўлиши унинг хоссаларига, жумладан сўниш тезлигига¹ катта таъсир қилади. Ҳавода қотадиган оҳак сўниш жараёнининг давом этиш муддатига қараб иккига бўлинади: тез сўнувчан оҳак-20 мин ичида сўнади ва аста сўнувчан оҳак-20 мин дан ортиқ муддатда сўнади.

Қайнама-оҳакни сўндираётганда оҳак хамири температураси ҳар хил бўлиши мумкин. Шунинг учун ҳам ҳавода қотадиган оҳак кўрсаткичига қараб шартли равишда иккига бўлинади.: паст экзотермик оҳак (сўндирилаётган вақтдаги энг юқори температураси $70^{\circ}C$ дан паст) ва юксак экзотермик оҳак (сўндирилаётган вақтдаги энг юқори температураси $70^{\circ}C$ дан ортиқ).

16-§. Сўндирилмаган кесак-оҳак

Сўндирилмаган кесак-оҳак ишлаб чиқариш технологик жараёни, келтирилган схемадан кўриниб турибдики, асосан оҳактош қазиб олиш, уни тайёрлаш ва куйдиришдан иборат.

1. Хом ашё материаллари ва уларни тайёрлаш

Сўндирилмаган кесак-оҳак ишлаб чиқариш учун таркибида кальций карбонат кўп бўлган тоғ жинслари (оҳактошлар) дан фойдаланилади.

¹ Стандарт лаборатория синови ваътидаги сўниш тезлиги деганда кесак-оҳакни сув билан лъорган ваътдан хаамири максимал температурагача лъизигунига кадар ътган давр тушунилади.

Оҳактошлар чўкинди тоғ жинслари бўлиб, кимёвий таркиби ва физикавий хоссалари жиҳатидан хилма-хил турларга бўлинади. Бироқ унинг асосий қисми кальций карбонатдан иборат.

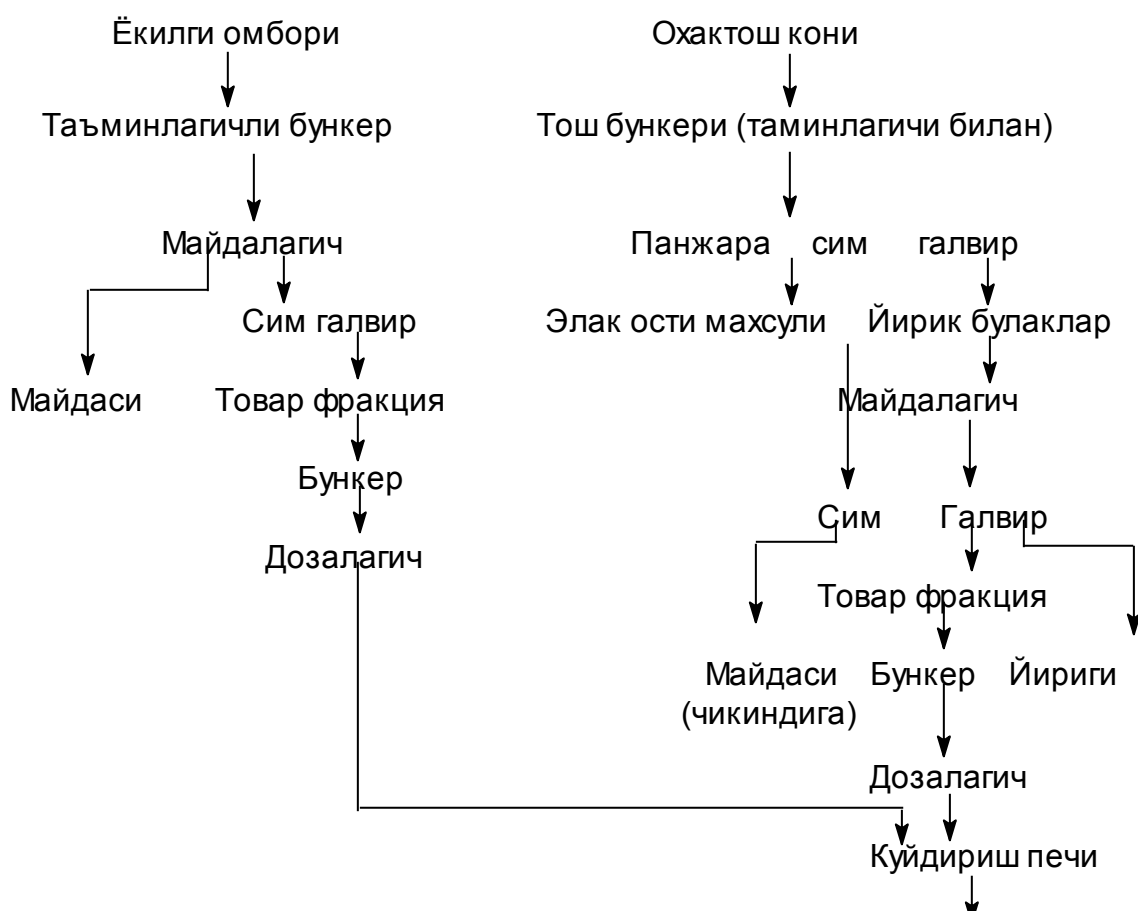
Бошқа моддалар, яъни (магний карбонат, гил ва ҳар хил оксидлар) бўлишига сабаб шуки, оҳактошлар чўкинди ҳолда ҳосил бўлади; карбонатлар чўкканида бу моддалар ҳам чўккан.

Аралашмаларнинг миқдорига қараб оҳактошларнинг ранги оқ рангдан қора рангача боради. Битум ва кўмир моддалар қўшилган бўлса оҳактош қорамтир бўлади. Сариг, кўнғир, кул ранг тусда бўлиши оҳактошдаги темир ва марганец аралашмалари таъсиридан; кимёвий жиҳатдан соф кальций карбонат оппоқ бўлади.

Одатда оҳактошларга гил аралашмалари қўшилган бўлади. Шунга кўра оҳактошнинг куйидаги турлари учрайди: соф оҳактош (таркибида 5% гача гил аралашмалари бор): мергель (гил)ли оҳактош (таркибида 5 дан 10% гача гил заррачалари бор); оҳак-карбонат мергель (таркибида 10 дан 30% гача гил заррачалари бор) ва мергель (таркибида 30 дан 50% гача гил заррачалари бор) оҳактош.

Келтирилган классификациядан кўришиб турибдики, ҳавода қотадиган оҳак ишлаб чиқариш учун фақат соф оҳактош ва қисман мергели (гил) оҳактошнинггина ишлатиш керак.

Сўндирилмаган кесак оҳак ишлаб чиқариш технологияси схемаси



Улушлагич

Ҳавода қотадиған оҳак хоссаларига катта таъсир этадиган иккинчи модда магний карбонатдир. Карбонатли тоғ жинслари таркибида қанча $MgCO_3$ борлигига караб, салгина доломитлашган оҳактош (таркибида 5-10% $MgCO_3$ бор), оҳактош доломит (таркибида 20-40% $MgCO_3$ бор) ва доломит (таркибида 40-46% $MgCO_3$ бор)га бўлинади.

Ҳавода қотадиған оҳак ишлаб чиқариш учун доломитлашган оҳактошларнинг ҳамма турлари ишлатилиши мумкин. Уларни куйдирганда тегишлича оз магнезиалли ва доломитли оҳак хосил бўлади.

Ҳавода қотадиған оҳак ишлаш учун қўлланиладиган карбонатли тоғ жинсларининг ҳаммаси стандарт бўйича уч, яъни А, Б ва В классга бўлинади. Бундай бўлиши учун тоғ жинслари таркибида қанча карбонат, магний карбонат ва гил аралашма (SiO_2 , Al_2O_3 ва Fe_2O_3 оксидлари) борлиги асос қилиб олинган. Қуйида (10-жадвал) оҳактошнинг ҳар классига нисбатан қўйиладиган талаблар келтирилган.

10-жадвал

Ҳавода қотадиған оҳак ишлаб чиқариш учун ишлатиладиган оҳактошларнинг кимёвий таркиби

Оҳактошлар классификацияси	Таркиби, % ҳисобида		
	$CaCO_3$	$MgCO_3$ кўпи билан	Гил аралашмалар кўпи билан
А	95	2,5	2
Б	82	10	8
В	50	40	8

Оҳактошлар структураси жихатидан зич, бўш ва ғовак бўлиши мумкин. Шунинг учун ҳам оҳактошлар қуйидаги турларга бўлинади:

донадор-кристалл ёки мармар (майда кристалл структурали) оҳактош;
 зич-кристалл структурали оҳактош;
 золдирчалар тўпламидан иборат оолит оҳактош;
 оҳактош туф (ғовак оҳактош);
 ўлган жонли организмлар косасидан иборат оҳактош –чиғанок;
 юмшоқ-бўш тоғ жинси-бўр.

Шахта печларда куйдириб, ҳавода қотадиган оҳак ишлаб чиқариш учун структураси зич ҳамма оҳактошлардан фойдаланилса бўлади.

Оҳактош қазиш. Оҳактош конлари кўп ҳолларда ер юзасида бўлади. Оҳактош очик усулда қазиб олинади: портлатилади, кейин портлатилган тоғ жинслари бир чўмичли экскаваторлар ёрдамида транспортга юкланади. Оҳактошларнинг йирик харсанглари пневматик ёки электр болғалар билан майдаланади. Баъзан кичкина зарядлар ёрдамида такрор портлатиб майдаланади.

Оҳактошлар темир йўл ёки тош йўлда қатнайдиغان транспорт воситасида ёки кон яқинида, яъни 1 кг масофада бўлса, транспортёрлар ёрдамида ташилади. Транспортёр ёрдамида ташиш энг қулай, унумли ва кам меҳнатли усулдир. Кон 3 км масофада бўлганда оҳактошларни юкини ўзи ағдарадиган машиналарда ташиган фойдали, юкини ўзи ағдарадиган машиналарда яхши ишлаши учун усти қаттиқ, пишиқ йўллар керак. Кон 3 км дан ортиқ масофада бўлганида темир йўлдан фойдаланилгани мақул.

Хом ашёни қазиб олишни ташкил қилаётганда оҳактош чўкиш натижасида ҳосил бўлганига катта аҳамият бериш керак. Чунки оҳактошларнинг кимёвий ва минералогик таркиби кон сатҳи ва унинг қалинлиги (куват) бўйича анча фарқ қилади. Оҳактош қатламида линзасимон уюм ёки қатлам ҳолида гил учраши ҳам мумкин. Ҳавода қотадиган оҳак ишлаш учун қўлланиладиган оҳактош таркибида аралашма кўп бўлса, уни ишлатиб бўлмайди. Шунинг учун кондан оҳактош қазиб ола бошлашдан олдин унинг ҳамма участкасини пухта текшириб чиқариш керак.

Оҳактош мазкур ерда сифати жиҳатидан қанчалик бир хиллигига қараб ёппасига ёки танлаб-танлаб қазилади. Оҳактош сифати жиҳатидан айрим участкаларда бир хил бўлгани ёки салгина фарқ қилгани тақдирдагина ялпи (ёппасига) қазилади. Сифати кескин фарқ қилса, танлаб-танлаб қазилади. Бундай қазишда оҳакнинг таннархи ошади, шу билан бирга ишончли бўлмай қолади. Гап шундаки, қазиш вақтида оҳактошнинг сифати ёки сифатсизлигини ранг ва қаттиклигига қараб аниқлаш мумкин. Бунинг учун катта тажриба керак. Шунинг учун ҳам оҳактош, тўпланган жойлар сифати жиҳатидан бир-биридан кескин фарқ қилса, оҳак заводи кўрсаткичларга эга бўлган нисбатан яхшироқ кон қидириш керак бўлади.

Оҳактошни куйдиришга тайёрлаш. Оҳактош бўлаklarининг иложи борича бир хил ўлчамда бўлиши оҳакнинг сифатли куйдирилишини таъминлайдиган муҳим шартларнинг биридир. Бу шартга шу сабабдан риоя қилиниши керакки, биринчидан, куйдириш муддати оҳактошларнинг ўлчамига боғлиқ, иккинчидан, бир хил ўлчамдаги оҳактош бўлаklари нисбатан анча катта бўшлиқ ҳосил қилади., шу билан шахта печларда газларга кам қаршилиқ кўрсатилади. Йирик ва майда оҳактош бўлаklари аралашига куйдирилса, оҳакнинг бир қисми чала, бир қисми эса ўта пишиб кетади.

Бир хилда йирик шихта ишлатилса, куйдирилаётган материал шахта печда текис жойлашади. Печга ўлчами ҳар хил оҳактош солинган йирик бўлаklари оғир бўлган сабабли печь периферияси бўйича майда бўлаklар эса ўртаси (маркази)да тўпланиб қолади. Оҳактош бўлаklари қанчалик кичик бўлса, шихта газларнинг ўтишига шунчалик кўпроқ қаршилиқ кўрсатади. Тутун газлар ва ёқилғининг ёниши ва оҳакнинг совиши учун зарур ҳаво қаршилиги камроқ участкаларда ўтади. Натижада печь марказида шихта етарли даражада пишмайди ва ёқилғининг талайгина қисми унда ёнмай қолиши мумкин.

Оҳактошлар куйдириш учун саралаш вақтидаёқ тегишлича тайёрлана бошланади. Одатда саралаш пайтида оҳактошлар майдаланади. Чунки оҳактош бўлаklари кўпинча жуда катта, яъни 50-60 см гача ва ундан ҳам катта ўлчамларда бўлади.

Оҳактошни қанчалик катта-кичик ўлчамда майдалаш кераклиги одатда ишлатиладиган печь типига боғлиқ бўлади. Шахта печда куйдирилганда кўндалангига 20-40, 40-80 ва 80-120мм келадиган оҳактошлар алоҳида-алоҳида пишади. 80-120 мм бўлаklар фақатгина шу вақтгача ишлатиб келинаётган печларда куйдирилади. Чунки оҳактош бўлаklари катта бўлгани учун уларни узоқ вақт куйдиришга тўғри келади. Янги печлар кураётганда эса 20-40 ва 40-80 мм ўлчамдаги оҳактошлардан фойдаланиш зарур. Айланма печларда куйдирилаётганда 5-20 ва 20-40 мм ўлчамлардаги оҳактошлар ишлатилади.

Майдалаш жараёни ёпиқ ёки очик цикл бўйича олиб борилиши мумкин. Очик цикл бўйича ишлатилаётганда, материал майдалагич аппаратидан фақат бир марта ўтказилади. Ёпиқ цикл бўйича ишлаётганда эса йирик бўлаklар яна қайтадан майдаланади. Очик цикл бўйича ишлаётганда майдаланган маҳсулот ҳар хил, яъни чанг-кукундан тортиб майдалагич чиқиш тешигининг эни баравари келадиган ўлчамдаги парчалардан иборат бўлади. Бундай маҳсулотдаги товар фракция унчалик кўп бўлмайди, одатда 50% дан камроғини ташкил этади, қолган қисми эса чиқиндига чиқиб кетадиган майда-чуйдалардан иборат бўлади. Майдалашнинг ёпиқ цикли нисбатан кўпроқ 60-70% товарли фракция олишга имкон беради. Шунинг учун ҳам бир хил фракция катталиқдага маҳсулот олиш учун майдалашнинг ана шу усули қўлланади.

Майдалаш-саралаш установкаси қуйидагича ишлайди. Кондан ташиб келтирилган оҳактош қабул қилувчи бункерга солинади, у ердан пластинка таъминлагич ёрдамида бир текисда панжара тўрга узатиб турилади. Тўр панжаралари орасидан ўтмаган йирик бўлақлар майдалагичга, майдалари эса саралагич сим ғалвирга юборилади. Майдалагичда майдаланган маҳсулот ҳам ана шу сим ғалвирга тушади. Саралагич сим ғалвир одатда бир неча элакдан иборат бўлади. Элакларнинг сони бўлақ-парча ўлчамлари сонига боғлиқ. Юқориги элакдан ўтмаган йирик оҳактош бўлақлари яна майдалашга юборилади, ҳар қайси элакдан ушланиб қолган майда булақлари эса саралагич сим ғалвир остига ўрнатилган бункернинг тегишли бўлимларига тўкилади.

Оҳактош бўлақларининг ўлчамлари ва фракциянинг талаб қилинаётган йириклигига қараб бир ёки икки поғонали майдалаш схемаси қўлланилади. Бир поғонали схема бўйича майдалаётганда материал битта майдалагичда майдаланади. Икки поғоналида эса материал кетма-кетига икки майдалагичдан ўтади: биринчисининг чиқиш тешиги катта, иккинчисининг кичик бўлади. Майдаланган маҳсулот шу орада яна бир бор сараланиши ҳам мумкин.

Қандай типдаги майдалаш аппаратини танлаш хом ашё турига боғлиқ. Мисол учун, зич оҳактошлар жағли майдалагичларда майдаланади. Бўш карбонат жинслар, асосан бўрни майдалашда бу майдалагичларни ишлатиб бўлмайди. Чунки майдалагичларга ёпишиб қолиши мумкин. Шунинг учун тишли вальцлар ишлатилади.

Зич оҳактошлар СМ11 А ва СМ-16 А маркали майдалагичларда яхши майдаланади (11-жадвал).

11-жадвал.

Жағли майдалагичларнинг техник таъриф-тавсифи

Кўрсаткичларнинг номи	Майдалагич тури	
	СМ-11 А	СМ-16 А
Солиш тешигининг ўлчами, мм	400X600	600X900
Солинаётган материал бўлақларининг рухсат этиладиган энг катта ўлчамлари, мм.....	350	500
Чиқиш тешигининг эни, мм.....	60 гача	150 гача
Ишлаб чиқиш унуми, м ³ /соат.....	12-15	70
Электродвигательнинг белгиланган қуввати, квт...	23,5	80

Майдаланган маҳсулотда ўлчами ҳар хил доналардан тахминан қанча бўлишини (майдалагич чиқиш тешигининг энига қараб) 12-жадвалда келтирилган маълумотлардан билиш мумкин.

Кўриниб турибдики, чиқиш тешиги товар фракциясининг энг катта ўлчамидан каттарак майдалагич ишлатиш ҳамда ёпиқ схема бўйича майдалаш мақсадга мувофиқдир. Бу ҳолда майда-чуйда чиқинди кам бўлади. Мисол учун 40-80 мм ўлчамларда майдалаш учун чиқиш тешиги 60 мм майдалагич ишлатиш керак бўлса, унда майдаланган маҳсулотда 48% товар фракция, чиқиш тешиги 100 мм бўлса, тахминан $46+24 \cdot 0,46=57\%$ товар фракция ҳосил бўлади. Чунки 80 мм дан йирик бўлакларни иккинчи марта майдалаш 9% га яқин товар маҳсулот беради.

12-жадвал

Жағли майдалагичда майдаланган маҳсулотнинг дона таркиби

Доналарнинг ўлчами, мм	Доналарнинг процент ҳисобидаги миқдори (майдалагич чиқиш тешигининг эни куйидагича бўлганида, мм)	
	60	100
0-5	5	3
5-20	17	11
20-40	30	16
40-80	48	46
80-120	-	24

Майдаланган оҳактошни элаш учун ҳар хил саралагич сим ғалвир, шу жумладан уч элакли эксцентрик саралагич ишлатилади (13-жадвал).

Элак тешикларнинг ўлчамлари оҳактош donalari қандай йирикликда бўлиши кераклигига қараб танланади. Танланаётганда шуни назарда тутиш керакки, элак тешикларининг ўлчами кичрайса, саралагич сим ғалвирнинг унуми ҳам кескин камаяди. Элакларни алмаштираётганда саралагич сим ғалвир талаб қилган даражада унумли ишлатиладиган бўлишига қараб тегишлича ҳисоблаб текширилиши лозим.

13-жадвал

Оҳактошларни элаш учун ишлатиладиган саралагич сим ғалвирнинг техник таърифи-тавсифи

Кўрсаткичлар номи	Саралагич тури	
	СМ-96	СМ-61
Элак ўлчамлари, мм	750X2000	1230X3050
Элаклар сони, дона	3	3
Элак тешикларининг ўлчамлари, мм	60X60	32X32

Ишлаб чиқариш унуми, м ³ /соат	13-16	60
Электродвигател қуввати, кВт	3,2	7,8

Оҳактош сифати белгиларига қараб сараланади. Таркибида кўп гил ёки кум аралашма бўлган оҳактошларни ажратиб ташлаш керак, акс ҳолда куйдириш температурасида бундай оҳактош қисман эриб юмшайди ва катта бўлак-бўлак бўлиб қотиб қолади ёки печь қопламага ёпишиб, шихтанинг осилиб қолишига сабабчи бўлади.

Оҳактошларни коннинг ўзида майдалаб, элаб, саралаб олган маъқул. Шунда уни ташиш арзонга тушади, оҳактош чиқиндиларини тўкиш жойлари осонгина топилади.

Печь тинимсиз ишлаши учун печь цехдаги сарфлаш бункерларида печнинг бутун бир ёки икки смена давомида (майдалагич-саралагич, усқунанинг ишлаш режимига қараб) тўхтовсиз ишлаб туриши учун етарли миқдорда майда оҳак захираси сақланади. Завод хом ашё базаси яқинида бўлса, омборда, уч кунлик хом ашё захираси туриши керак. Завод ташиб келтириладиган хом ашё ҳисобига ишласа бир ойлик оҳактош захира сақланадиган омбор курилади.

Омборларга юклаш-ташиш ишларини қўлда бажариш ўрнига механизмлар воситасида бажариш имконини берадиган тузилмалар ўрнатилади.

2. Оҳактош куйдириш

Оҳактошни куйдираётганда содир бўладиган жараёнлар. Оҳактошга юксак температура таъсир қилганида кальций карбонат куйидаги формула бўйича парчланади:

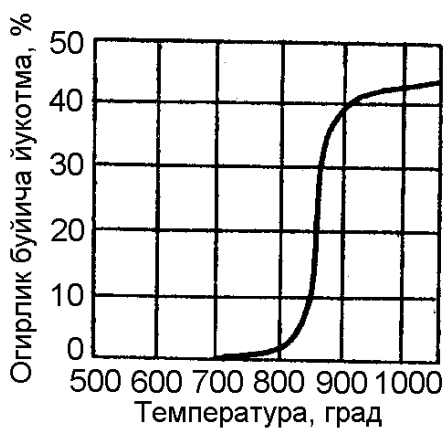


Магний карбонати ҳам шу тариха парчланади (II бобга қаранг).

Келтирилган тенглама шуни кўрсатадики, 1 грамм-молекула кальций карбонат парчланиши учун 42,52 ккал иссиқлик, 1 кг CaCO_3 парчланиши учун эса $\frac{42,52 \cdot 1000}{100} = 425,2$ ккал иссиқлик сарф қилинади, бу ерда 100- CaCO_3 нинг г ҳисобидаги молекуляр оғирлиги.

Кальций карбонатнинг парчланиши (диссоциацияланиши) назарий жиҳатидан 600⁰С да бошланади, бироқ 850⁰С гача ниҳоятда суст ўтади. Температура янада ортиши билан парчланиш жараёни кескин тезлашади (бу 1-расмдан яққол кўриниб турибди); температура 850 дан 900⁰С гача кўтарилганида CaCO_3 амалда тўла парчланиб бўлади. Бу маълумотлар лабораторияда ўтказилган тадқиқотлар учун характерли. Амалда эса куйдириш температураси бирмунча юқори 100-1100⁰С гача олинади (куйдириш жараёнини тезлаштириш мақсадида). CaCO_3 нинг парчланиш реакцияси қайтар реакциядир. Реакция CaO дан ҳосил бўлган маҳсулотлар CO_2 билан таъсир этишиб, яна CaCO_3 га айланиши мумкин. Кальций оксиди тез

ҳосил бўлиши учун диссоциациянинг газсимон маҳсулотларини дарҳол чиқариб ташлаш керак. Бунинг учун, олдин эслатиб ўтганимиздек, печга тортувчи мўри қурилади.

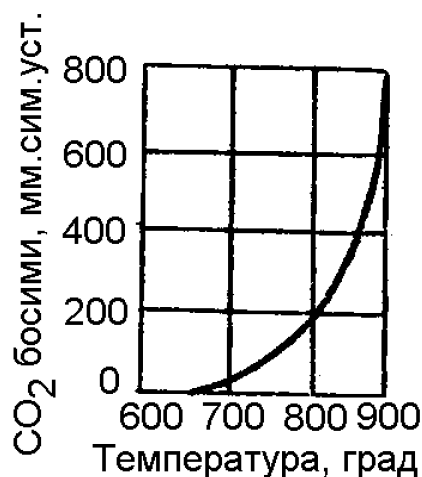


1-расм. Кальций карбонат диссоциациясининг тезлиги

Кальций карбонатнинг парчаланишидан ҳосил бўлган карбонат ангидрид газининг диссоциацияланиш таранглиги (парциал босими) температура ошиши билан кескин кучаяди ва 900°C д атмосфера босимидан ортади (2-расм).

Демак, тез куйдиришнинг асосий шarti юксак температура ҳосил қилиш ва куйдирилаётган материал массасидан CO₂ газининг интенсив ажралиб чиқиши (яъни печда ҳавонинг анча сийракланиши)ни таъминлашдан иборат.

Куйдирилаётганда оҳактош муҳим ўзгаришларга учрайди: карбонат ангидрид ажралиб чиқиши натижасида оғирлиги камаяди; кимёвий соф кальций карбонатда 56% CaO ва 44% CO₂ бўлади, у эса куйдириш давомида ажралиб чиқади. Оғирлигининг камайиши куйдирилаётган материал ташқи ўлчамларининг кичрайишига олиб келмайди. Нормал куйдирилган оҳактош бўлаги ҳажман кўпи билан 20% кичраяди. Оғирлигининг камайиши ҳажман камайишига тўғри келмаслиги шуни кўрсатадики, куйдирилагандан кейин кесак оҳак ғовак материал бўлиб қолади.



2-расм. CO₂ нинг кальций карбонат устидаги парциал босими

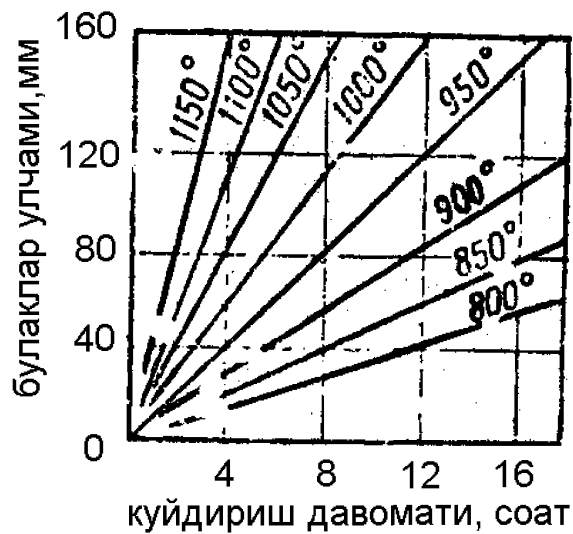
Оҳакнинг ғоваклиги уни сўндириш жараёнига яхши таъсир қилади: доналарнинг ички қатламларига сув бемалол кириб боради. Шунинг учун ҳам иложи борича ғовак оҳак олишга, яъни куйдирилатганда карбонат ангидрид батамом ажралиб чиқадиган бўлишига интилиш керак.

Қанчалик ғовак бўлиши куйдириш температурасига ҳам боғлиқдир. Температура кўтарилиши билан куйдирилган материалнинг бир қисми зичланади; каваклари тораяди, натижада оҳакни сўндириш шароитлари ёмонлашади. «Ўта куйган» деб аталувчи бундай оҳак жуда суст сўнади. Бундай ташқари, қотиб қолган қурилиш қоришмасида ҳам сўниш жараёни рўй бериши мумкин. Бу эса механик зўриқишларнинг пайдо бўлишига ва айрим ҳолларда материалнинг бузилишига олиб келиши мумкин. Демак, кальций карбонатнинг батамом парчаланишини таъминлайдиган минимал температурада куйдирилган оҳак энг яхши маҳсулот ҳисобланади.

Куйдириш температураси оҳактошда гил аралашмалари ва магний карбонат бор-йўқлигига қараб танланади. Оҳак кўпинча гил аралашмалар таркибида бўладиган нордон оксидлар SiO₂, Al₂O₃ ва Fe₂O₃ билан реакцияга киришганда кальций силикати, алюминати ва феррити типидagi мураккаб бирикмалар ҳосил бўлади. Бу бирикмалар сўнмайди ва сўндирилган оҳакни тайёрлаш вақтида йирик доналар кўринишида учрайдиган чикинди ҳисобланади. Оҳактош таркибида гил аралашма жуда кўп бўлганда ва улар оҳактошда текис жойлашмаган ҳолларда ҳам оҳактош ўта куйиши мумкин. СаО билан кислота оксидлари ўртасидаги реакция тезлиги эса температура кўтарилиши билан ортади. Шунинг учун ҳам гил аралашмалари кўп бўлган оҳактош соф оҳактошга қараганда анча паст температурада куйдирилиши керак. 900-1000⁰С худди ана шундай температурадир.

Магний карбонат борлиги ҳам куйдириш температурасини танлашга таъсир қилади. Чунки температура 600-700⁰С дан ортиши туфайли ҳосил бўлган магнезия ўзининг боғловчилик хоссалари ва сўнувчанлик қобилиятини йўқота боради. Шу сабабли таркибида кўп микдорда магний карбонат бўлган оҳактошларни иложи борича паст температурада куйдириш керак бўлади.

Куйдириш муддатининг ўзи кўп жихатдан куйдирилаётган маҳсулот бўлақларининг ўлчамига боғлиқ. Бу боғлиқлик (3-расм) минимал ўлчамдаги бўлақлар ишлатиш қулайлигини кўрсатади. Шунда куйдириш тезлиги ва печнинг ишлаб чиқариш унуми анча ошади. Чунки майда бўлақлар бутун қалинлиги баравар CaCO_3 нинг диссоциацияланиш температурасигача тез қизийди. Йирик бўлақни қиздириш учун кўп вақт талаб қилинади. Чунки бу вақтда марказий қисми бевосита юксак температура таъсирига учраётган чекка қисмидан ажратиб турган материал қатлами қалинлашади.



3-расм. Оҳактошни кўйдириш муддатининг ҳарорат ва бўлақлари ўлчамига боғлиқлиги

Йирик бўлақлар ишлатиш яна шунинг учун мақсадга мувофиқ эмаски, бундай ҳолларда материал ўта ёки чала пишиши мумкин. Куйдириш жараёнини тезлаштириш учун температурани кўтаришга тўғри келади. Натижада ташқи қаватлари ўта қуяди, ички қисмларида эса кальций карбонат тўла диссоциацияланмай қолади.-чала қуяди, яъни балласт бўлади. Бундай оҳак паст сифатли бўлади: секин сўнади, таркибида сўнмаган донлар кўп бўлади.

Оҳак куйдириш печлари. Оҳактошларни ҳар хил системадаги печларда, яъни хумдон, ҳалқасимон, шахта ва айланма печларда куйдириш мумкин. Ҳозирги вақтда оҳактошларни муаллақ ҳолатда ёки қайноқ қатлам ҳолида куйдириш агрегатларини саноат миқёсида ўзлаштириш соҳасида иш олиб борилмоқда.

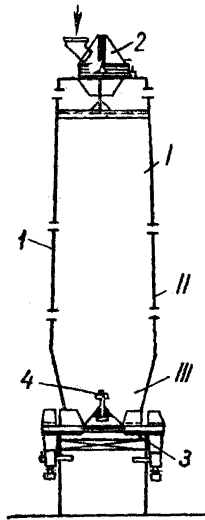
Хумдон ва ҳалқасимон печлар кам унумли, сермеҳнат ва ёқилги кўп сарф бўладиган печлардир. Шунинг учун ҳам бундай печлардан ишлаб чиқариш ҳажми кичик заводлардагина фойдаланилади. Бундай печларда, йириклиги 300мм гача оҳактош бўлақлари ишлатилади,

материал солиш ва уни олиш ишларини механизациялаштириб бўлмайди. Мана шуларнинг ҳаммаси бу печларнинг ишлатилиш сифатига ёмон таъсир қилади. Янги курилатган заводларда бундай печлар ишлатилмайди.

Шахта печлар. Шахта печнинг (4-расм) ишлаш схемаси қўйидагилардан иборат. Хом ашё материаллар солиш механизми 2 ёрдамида печь 1 шахтасига бир хил миқдорда кетма-кет ёки вақти-вақти билан солиб турилади. Пишган материаллар шахта остидан махсус бўшатиш механизми 3 билан кетма-кет бўшатиб олина беради. Материал шахта остидан тароқ 4 орқали келадиган ҳаво билан совитилади. Куйдириладиган материал шахтада юқоридан пастга, ҳаво ҳаракатига қарама-қарши йўналишда тинимсиз суратда сурилиб туради:

аввало қизитиш зонаси I га ўтади, бу ерда куйдириш зонасидан келатган қизиган газлар таъсирида қурийдди, куйдириш температурасига қадар қизийди ва ундаги органик аралашмалар куйиб кетади;

куйдириш зонаси II га келади; бу ерда кальций карбонат диссоциацияланади ва диссоциация маҳсулотлари чиқариб ташланади; совутиш зонаси III га ўтади; бу ерда куйдирганда қизиб кетган материал печга юборилаётган совуқ ҳавода совийди.



4-расм. Шахта печь схемаси

Иссиқ газлар ва материалнинг қарама-қарши йўналишда ҳаракат қилиши чикит газлар иссиғидан ҳозиргина солинган хом ашёни иситиш учун, куйдирилган материал иссиғидан эса куйдириш зонасига келатган ҳавони иситиш учун фойдаланишга имкон беради. Шунинг учун ҳам шахта печларда маҳсулотни куйдиришга кам ёқилги сарфланади.

Материалнинг печнинг куйдириш канали узра сурилиши учун ҳам жуда оз энергия сарфланади (материал ўз оғирлиги таъсирида сурила боради), печга материал солиш ва уни

олиш ишларини тўла механизациялашга имкон туғилади. Мана шуларнинг ҳаммаси шахта печлар қимматини оширади.

Печдаги газсимон маҳсулотларни чиқариб юбориш ва ҳаво ҳамда газ шахтада бемалол ҳаракат қила олиши учун зарур сийракланиш (дам) тутун тортгич ёрдамида ҳосил қилинади. Сийракланиш даражаси материал дона таркибига ва бўлақларининг қанчалик йириклигига боғлиқ. Бўлақлари майда ёки йирик бўлақлар билан бирга майдаси ҳам бўлгани тақдирда сийракланиш даражаси ортади. Сийракланиш даражаси одатда 60-200 мм сув устуни чамаси бўлади.

Печга ҳаво сийраклангани сабабли ташқаридан ҳаво сўрилиши ҳисобига ёки шахтанинг остки қисмига ўрнатиладиган ҳаво вентилятори ёрдамида сунъий йўл билан узатилиши мумкин. Ҳаво 300-600 мм сув устунигача босим остида узатилади. Сунъий дам бераётганда газларнинг ҳаракат тезлиги ошади, газлар билан куйдириладиган материал ўртасидаги иссиқ алмашуви яхшиланади, натижада печь унуми ошади.

Ҳаво шахтанинг остидан, бевосита олиш тузилмаси тагига юборилади.

17-§. Сўндирилган оҳак

1. Оҳакни сўндириш жараёнлари

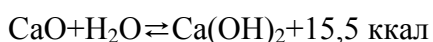
Оҳакни сўндиришдан мақсад туйилган оҳак олишдир. Майда оҳакнинг ярим фабрикат маҳсулот ҳисобланадиган кесак қайнама-оҳакдан фарқи шуки, у боғловчи сифатида ишлатилиши мумкин.

Қайнама-оҳак сув таъсир қилганда ўз-ўзидан парчаланиб, кукунга айланади.

Нихоятда майда маҳсулот олиш учун жуда оз энергия сарф қилиниши ва сўндириш установакиси оддий бўлгани учун оҳак майдалашнинг бир неча минг йиллардан бери маълум бўлган бу усули кенг қўлланиб келинмоқда.

Қанча сув куйилганига караб, оҳакни жуда майда қуруқ кукун ва оҳак хамир ҳолатида сўндириш усуллари бор. Ҳар иккала ҳолда ҳам ана шу номдаги маҳсулот олинади.

Оҳакни сўндириш жараёни қуйидаги схема бўйича ўтадиган кимёвий реакция билан содир бўлади:



Ўнгдан чапга йўналган стрелка реакция қайтар реакция эканлигини кўрсатади, яъни тегишли шароитларда аввалига ҳосил бўлган кальций оксиди гидрати $\text{Ca}(\text{OH})_2$ нинг кальций оксиди (CaO) ва сув (H_2O) га парчаланиши мумкин. Оҳакни сўндираётганда жуда кўп, яъни 1

грамм-молекула оҳакка 15,5 ккал ёки 1 кг дан 277 ккал иссиқ ажралади. Сўндирилаётган маҳсулот температураси шу қадар кўтарилиб кетиши натижасида $\text{Ca}(\text{OH})_2$ дегидратацияланиши мумкин. Лекин 547°C температурада, яъни сув буғларининг $\text{Ca}(\text{OH})_2$ устидаги парциал босими атмосфера босим билан тенглашганидагина батамом дегидратацияланади. Дегидратация анча паст, қарийб 300°C температурада ҳам қисман сезиларли бўлиши мумкин.

Муҳит етарли даражада анча нам бўлса ва юксак температура кўтарилишига йўл қўйилмаса, жараён талаб қилинган йўналишда ўтади ва қайтар реакция бўлмайди. Оҳакни сўндираётганда ана шу ҳисобга олинади.

Кесак оҳак сўндириш вақтида ҳосил бўладиган сув буғларининг диспергирлаш, яъни парчалаб бўлиб юбориш таъсири натижасида заррачаларининг ўртача ўлчами 0,01 мм дан ошмайдиган ниҳоятда майда порошок-кукунга айланади. Оҳак заррачаларининг ич-ичига кириб кетган нам CaO билан ўзаро кимёвий таъсир этишади ва шу вақтда ажралиб чиққан иссиқлик сувни буғга айлантиради. Буғ ҳажми суyoқ фаза ҳажмига қараганда кескин кенгайиши натижасида оҳак заррачаларида ички чўзувчи зўриқишлар пайдо бўлади ва оҳак майдаланади. Натижада сўндириш маҳсулоти (кукун оҳак) янада ғоваклашади ва унинг ташқи ҳажми сўндирилмаган оҳак ҳажмига нисбатан кенгайди. Ҳажмининг тахминан 2-3,5 баравар кенгайиши оҳак сифатига боғлиқ бўлади (1-сорт оз магнезиалли оҳак ҳажми ҳаммадан кўп кенгайди).

Оҳакни кукун оҳак, яъни пўк майда заррачали куруқ кукун ҳолигача сўндираётганда назарий жиҳатдан ҳисоблаганда сўндирилмаган оҳак оғирлигининг 32,1% ча сув талаб қилинади. Бироқ, сув жуда кўп буғланишини ҳисобга олиб, унинг миқдори оҳак таркибидаги кальций оксид миқдорига қараб 2-2,5 баравар кўпайтирилади, яъни ўртача ҳисобда қайнама-оҳак оғирлигининг 60-75% гача сув қўшилади. Таркибида кальций оксиди кўп бўлган оҳакларга магнезиал ё доломит оҳакларга нисбатан кўп сув талаб қилинади.

Ортиқча сув оҳакни сўндираётганда ажралиб чиққан иссиқ таъсирдан буғланиб кетади. Натижада сўндирилган маҳсулот куруқ кукундан иборат бўлиб қолади.

Оҳакни оҳак хаамири ҳолатига қадар сўндириш учун кукун оҳак ҳолигача сўндираётгандагига қараганда анча кўп сув солинади. Бу ҳолда ҳам сув миқдори оҳак таркибида CaO ва магний оксиди билан гил аралашмалардан қанча борлигига боғлиқ. Аммо ўртача ҳисобда 1 оғирлик қисм қайнамага 2-3 оғирлик қисм сув сарфланади.

Оҳакни сўндириш тезлиги ва натижалари эса унинг кимёвий таркиби, куйдириш температураси ва режимига, оҳак қанча сақлангани ва сўндириш учун қанча сув солинганига боғлиқ бўлади.

Ҳавода қотадиған оҳакнинг асосий қисмини кальций оксиди ташкил қилади. Бирок, юқорида айтиб ўтилгандек, оҳакда СаО дан ташқари озми-кўпми магний оксиди ва гил аралашмалар бўлади. Уларнинг бир қисми СаО билан кимёвий бирикма тарзида бирикиши мумкин, қолган қисми эса эркин ҳолда қолади. MgO ва гил аралашмалар борлиги сабабли сўниш жараёни сустрлашади ва сўндирилган оҳак сифати ёмонлашади. Улардан қанча борлигига қараб, кучли экзотермияга эга бўлган, тез сўнадиган ва пластик, майда дисперс (ушлаб кўрганда ёғли) хамир ҳосил қиладиган оҳак ёки сўндирганда кам иссиқ чиқарадиган, сустр сўнадиган ва сўниш маҳсулотида парчаланмаган йирик заррачалар кўп учрайдиган ширасиз оҳак ҳосил қилиниши мумкин. Шунинг назарда тутиш керакки, қурилишбоп қоришмалар тайёрлаётганда ширали оҳакдан ширасизига қараганда кам талаб қилинади.

Магний оксиди 5% дан ортиқ бўлса, оҳак сезиларли даражада ширасизланиб қолади. 3-4% дан ортиқ гил аралашма бўлса оҳак одатда анча ширасизланади. Оҳак магний оксиди туфайли ширасизланишига сабаб шуки, MgO секин сўнадиган модда, қуйдириш температураси ошиши билан унинг сўниш жараёни янада секинлашади.

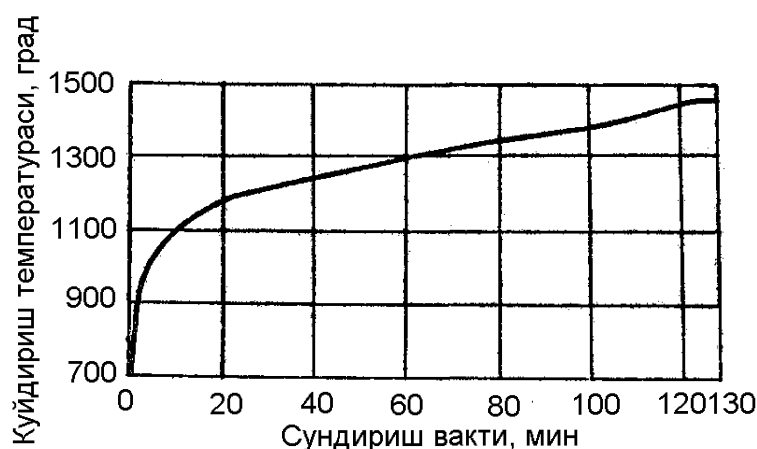
Буғ босим ортиши билан магний оксидининг сўниш жараёни кескин кучайиши аниқланган. Шу тариқа, сўндиришнинг автоклав (14 ати гача буғ босимида) усули пайдо бўлди. Бу усул MgO дан анча бўлгани тақдирда ҳам ниҳоятда сифатли маҳсулот олишга имкон беради.

Оҳакнинг сўниш тезлиги сув температурасига ҳам боғлиқ. Чунки совуқ сув ишлатганда иссиқнинг анчагина қисми оҳак бўлақларини майдалаб юборадиган буғнинг ҳосил бўлиши учун эмас, балки сувни иситишга сарф бўлади. Буғ ҳосил бўлиш жараёни секинлашса, ҳосил бўлган кальций гидрат оксидининг оҳакнинг гидратланмаган заррачалари юзасида қатламланиб қолишига сабабчи бўлади. Шунда сувнинг янги заррачалар юзасига ўтиши қийинлашади. Натижада сўндириш жараёни секинлашади. Оҳак аралаштириб турилганда, бу жараён унчалик кучли бўлмайди, чунки бу ҳолда Са(ОН)₂ пардаси бузилади ва сув янги заррачаларга бемалол ўтиб кела беради.

Амалда сўндириш жараёни тезлатиш учун 40-50⁰С гача иситилган сув ишлатилади ва оҳак яхшилаб аралаштириб турилади. Сувга баъзи хлорли тузлар, яъни СаСl₂. NaCl солинганда ҳам сўниш жараёни сезиларли даражада тезлашади. Чунки тузлар таъсирида оҳак анча эрувчан бўлиб қолади. Сульфат кислота ёки унинг тузлари қўшилса, сўниш жараёни секинлашади: оҳак билан реакцияга киришиб, қийин эрувчан кальций сульфатини ҳосил қилади. Оҳак заррачалари устида кальций сульфатининг пайдо бўлиши сувнинг заррача ичига киришига тўсқинлик қилади.

5-расмда кўриниб турибдики, қуйдириш температураси қанчалик юқори бўлса, оҳак шунчалик секин сўнади. Сабаби шуки, қуйдириш температурасини оширганда қуйдирилган

оҳактош анча зичлашиб, ғоваклиги камаяди, ғоваклари тораяди: бундай шароитларда сув яхши ўта олмайди ва сўниш жараёни секинлашади.



5-расм. Оҳак сўндириш муддатининг оҳактошни куйдириш температурасига боғлиқлиги.

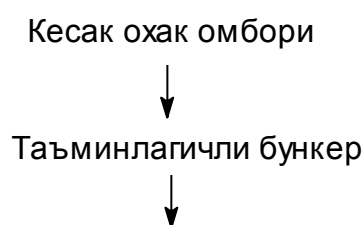
Оҳак узоқ вақт сақланганида унинг сўнувчанлиги сустрлашади. Чунки оҳак ҳаводаги нам ва карбонат ангидридни ўзига тортиб олади, заррачалари юзасида сувнинг ўтишига тўсқинлик қиладиган ва унча-мунчага эримайдиган кальций карбонат ҳосил бўлади. Ҳозиргина куйдирилган оҳак жуда тез сўнади ва ундан бошқа бир хил шароитларда анча ширали оҳак хаамири ҳосил бўлади.

Сўндириш учун қанча сув олингани сўниш жараёни тезлигига ва сўндирилган оҳак сифатига катта таъсир қилади. Сув керагидан кўп бўлса (хамир ҳолатигача сўндиришда) суви кам вақтдаги (кукун оҳак ҳолигача сўндириш)га қараганда хийлагина дисперс оҳак ҳосил бўлади. Сув етишмаслиги натижасида оҳак «куйиши», яъни ҳозиргина куйдирилган заррачалар юзасида қалин $\text{Ca}(\text{OH})_2$ пардаси ҳосил бўлиши мумкин. Пардадаги сув унга тегиб турган кальций оксиди қатламларининг гидратацияланишига сарф бўлиб, парда янада қалинлашади.

Оҳак заррачаларининг майда-йириклиги ҳам сезиларли даражада таъсир қилади: қанчалик майда бўлса, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ заррачалари шунчалик тез ва тўла ҳосил қилади. Шунинг учун ҳам кесак оҳак аввалига 5-10 мм ўлчамда майдаланилади. Мисол учун, силикат автоклав буюмлар ишлаб чиқараётганда майдалаб, кукунсимон ҳолатида сўндирилади.

18§. Гидрат-кукун оҳак.

Қўйида заводда кукун-оҳак тайёрлаш технологик схемаси келтирилади:



Оз-оздан, яъни одатда қурилиш майдонлари шароитида ишлатилаётганда, оҳак қўлда сўндирилади. Бу ҳолда қайнама 20 см гача қалинликда ёйилади ва ҳар қайси ёймасига сув сепилади. 1-1,5 м баландликдаги оҳак уюмига камида 10 мм қалинликда қум сепилади (сув буғланмаслиги учун) ва майин кукун ҳосил бўлгунича шу ҳолда қолдирилади. Сўнмаган заррачаларни ажратиб ташлаш учун кукун ишлатишдан олдин эланади. Сўнмаган заррачалар иккинчи марта, узоқроқ сўндириб кўрилади ёки чиқиндига ташланади.

Қўлда сўндирганда ундан сифати паст оҳак чиқади, чиқинди кўп бўлади. Шунинг учун ҳам қурилиш буюмлари ишлаб чиқариш учун зарур оҳак механизациялашган усулда сўндирилади.

Омбордан кесак қайнама-оҳак майдалаш учун юборилади ва 5-10 мм ўлчамда майдаланади. Қанчалик майдаланиши оҳак таркибидаги MgO миқдордаги боғлиқ. Магнезиал ва доломит оҳак 3-5 мм ўлчамда майдаланилади.

Зич оҳактошларни куйдириш натижасида ҳосил бўлган оҳак жағли майдалагичларда, нисбатан бўш оҳак валли майдалагичларда майдаланади. Болғачали майдалагичлар ишлатса ҳам бўлади.

Майдаланган маҳсулотлар вақти-вақти билан ёки узлуксиз ишлайдиган гидраторларга юборилади: биринчисига маълум миқдорда оҳак солиниб, сўндирилган оҳак ҳам пешма-пеш олиб турилади.

Вақти-вақти билан ишлайдиган гидраторда оҳакни батамом сўндириб бўлмайди. Шунинг учун силосга юбориб, 1-2 сутка ушлаб турилади. Силослардан оҳак таъминлагич ёрдамида пешма-пеш олиб турилади. Силосга қанча оҳак солиниши заводнинг ишлаб чиқариш унумига ва оҳакни сўндириш вақтига боғлиқ. Силослардан кукун оҳак сўнмаган заррачаларини ажратиб ташлаш учун сепараторга юборилади.

Узлуксиз ишлайдиган парракли гидраторда оз магнезиалли оҳак батамом сўнади, сепарациягача силосда тутиб турилмайди. Бироқ магнезиал ва доломит оҳакни бу гидраторда ҳам батамом сўндириб бўлмайди. Бунинг учун бир оз силосда сўндириш керак бўлади.

Сепаратордан майда кукун тайёр маҳсулот омборига юборилади, йирик сўнмаган доналари эса бир ёки икки камерали шар тегирмонда механик усулда майдаланади ва иккиламчи бор сўндириш учун яна силосга солинади. Қуйида (14-жадвал) айрим сепараторлар ишини характерлайдиган маълумотлар келтирилган:

14-жадвал

Ҳаво сепараторларининг техник таъриф-тавсифи

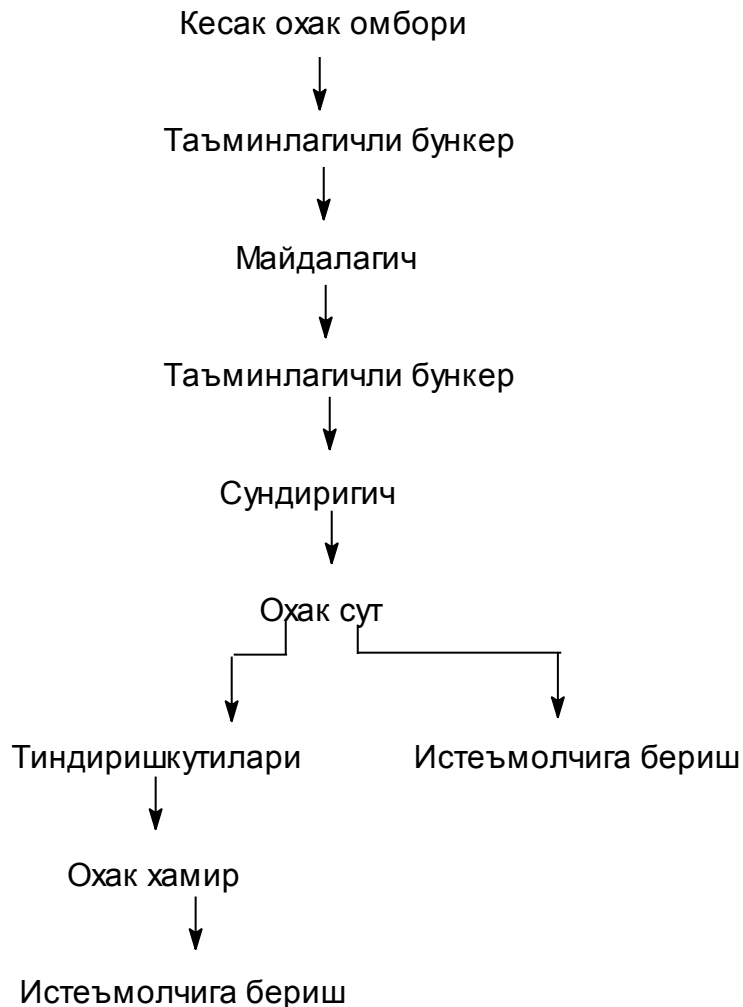
Кўрсаткичлар номи	Сепаратор типи			
	379	268	2701	2702
Ғилоф диаметри, мм	1800	2500	2800	3700
Вертикал валнинг айланишлар сони	375	350	310	240
Электр двигателининг зарур қуввати, кВт	4	5,3	7,6	11
Иш унуми (майда туйилиш даражаси 0085 номерли элакда қолган қолдиққа қараб аниқланади), т/соат				
15-18%				
8-10%	2,5-3	10-12	18-20	32-35
3-5%	2-2,5	8-10	12-15	21-26
1-2%	1,5-2	6-8	10-12	18-21
0-0,5%	0,75-1	3-4	5-6	9-11
	0,4-0,6	1,8-2,4	3-4	5-7

Сўндирилган кукун-оҳак истеъмолчиларга қоғоз қопларда ёки идишсиз контейнерларда, ёки махсус жиҳозланган транспортда юборилади.

Оҳак хаамири

Оҳак хаамири тайёрлаш учун оҳак қўлда ёки механизациялашган усулда сўндирилиши мумкин. Қурилиш майдонларида оз-оздан оҳак ишланиши керак бўлган вақтларда биринчи усулдан фойдаланилади. Бунинг учун оҳак қориладиган қутига солинади. Қутида кесак оҳак мўл сув таъсиридан сутга айланади. Сўнгра тиниши ва сувсизлантириш учун чуқурлиги 1,5-2 м қорувчи ўрага қуйилади. Ўра ёғоч тахта ёки бошқа материал билан ўралган. Шунинг учун ҳам сув ерга шимилади.

Қурилишбоп қоришма заводда ишланадиган ҳолларда оҳак механизациялашган усулда қуйидаги технологик схема бўйича оҳак хаамирга айлантирилади:

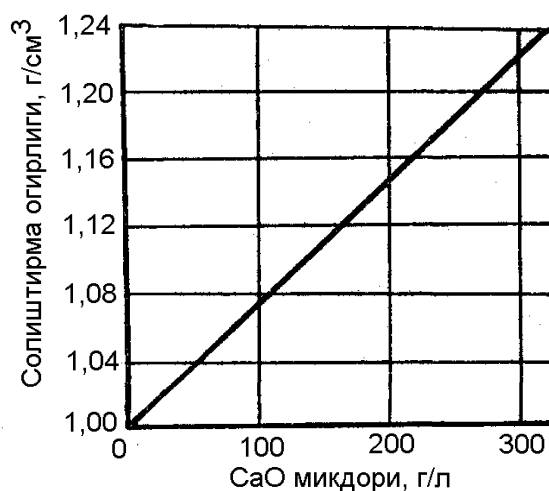


Ўрага солинган оҳакнинг остки қатламларида сўнмаган йирик доналари кўп бўлади. Бинобарин, қоришмага остки қатламдаги оҳакни солишдан аввал сўнмаган доналарни батамом

ажратиб ташлаш керак. Ҳозирда оҳак айрим ҳоллардагина қўлда сўндирилади. Оз миқдорда бўлса ҳамки, оҳак хаамири механизациялашган заводлардан марказий тартибда олиб келинади.

5-10 мм ўлчамда бир сидра майдалаб олинган кесак оҳак сўндиргичга солинади ва сут ҳолигача сўндирилади, сўнгра махсус кутиларда талабдагидек хаамир ҳосил бўлганича сувсизлантирилади.

Гидратор ишлаётганда СаО камайгани ёки кўпайганини билиб бориш учун оҳак сути солиштирма оғирлигини текшириб туриш керак (6-расм).



6-расм. Солиштирма оғирлиги ҳар хил оҳак сутидаги СаО миқдори

Оҳак сути хаамир ҳолигача сувсизлантирилиши учун сиғими 100 м³ ва бундан ортиқ фильтирли идишлар ишлатилади. Фильтр диаметри 50-60 мм ли трубадан иборат, трубанинг бошидан охиригача қум билан тўлғазилган тешикчалари бор. Ортиқча сув тешикчаларидан идиш баравари трубага қумдан сингиб оқиб тушади, оҳак доналари қумда ушланиб қолади. Сув йиғичга тушади. Фильтрдан навбатдаги оҳакни сўндириш учун фойдаланилади.

Идишлардаги оҳак хаамири вибронасослар билан бўшатиб олинади. Оҳак хаамири вибрация таъсирида оқувчан массага айланади. Шунинг учун ҳам уни насослар билан бошка жойга ҳайдаш мумкин. Сокин ҳолатида қуюқ массанинг ўзгинаси¹.

Сўндирилган оҳак қоришма заводларида хаамир ва сут ҳолида ишлатилиши мумкин. Сут ҳолида ишлатиладиган оҳак сути сувсизлантирилмайди ва тўғридан-тўғри қоришма қорғичга узатилади.

19-§. Сўндирилмаган туйилган оҳак

¹ Коллоид системаларнинг силкитганда, урганда ёки гъимирлатиб турганда суюлтирган ва сокин қолатида гъюладиган хоссалари тиксотроп хоссалар, системалари эса тиксотроп системалар деб аталади.

Сўндирилмаган туйилган оҳак ишлатаётганда сўнмаган заррачалар ҳолидаги чиқинди бўлмайди (кустарь усулда сўндирилганда 20% ва бундан ортиқ сўнмаган заррача қолади). Кальций силикатлари ва алюминатлари эса майда туйилган ҳолда бўлади. Бу ҳатто оҳак сифатини анча яхшилайти ва унинг сувга чидамлилигини оширади.

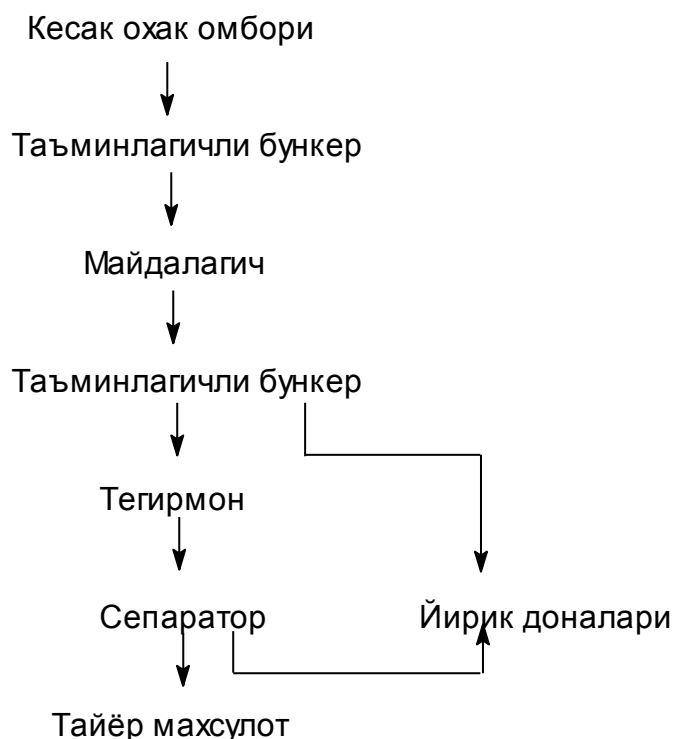
Кесак оҳак омборидан майдалашга узатилади ва тегирмонда яхши туйилиши учун 15-20 мм ўлчамда майдаланади.

Туюдиган агрегатлар сифатида бир камерали шар тегирмонлар СМ-15 ва СМ-174 ҳамда икки камерали СМ-14 типдаги тегирмон ишлатилади. Айрим ҳолларда А ва В типдаги аэробиль тегирмон ишлатилиши мумкин (15-жадвал).

Оҳакни ниҳоятда майда (майин) майдалаш учун вибрацион тегирмонлар ишлатилади. Кесак оҳакда ўта куйган донлар жуда кўп (3-5% дан ортиқ) бўлганида, ана шундай майдаланади. Оҳакни вибрацион тегирмонга солишдан олдин кўпи билан 2 мм ўлчамгача шар ёки болғачали тегирмонларда майдалаб олинади.

Ёпиқ циклда туйилади. Майдаланган маҳсулот сепараторда эланади. Ёирик донлари сепараторда қайтадан майдалашга, майдаси эса тайёр маҳсулот омборига юборилади. Шунинг назарда тутиш керакки, сўндирилмаган туйилаган оҳак ишлаб чиқариш учун кўп, яъни 1т оҳакка 30-40 кВт-соат ва бундан ҳам ортиқ электр энергия сарфланади. Ҳолбуки, сўндирилган оҳак ишлаб чиқариш учун атига 4-5 кВт-соат электр энергия талаб қилинади.

Сўнмаган туйилган оҳак куйидаги схема бўйича ишланади:



Сўндирилмаган туйилган оҳак истеъмолчиларга берк металл контейнерларда ёки битумлаштирилган қоғоз қопларда жўнатилади. Чунки туйилган қайнама-оҳак ҳаводаги нам таъсиридан салга сўна беради, кесаклашиб, ҳажман кенгайиб кетади ва идишни ёриб юборади. Бевақт гидратацияланиши сабабли куйдирилгандан кейин 30 суткадан ортиқ сақланмаслиги керак. Битумлаштирилган қоғоз қопларда кам магнезиалли оҳак 10 сутка, доломит оҳак 20 суткадан ортиқ турмаслиги зарур.

15-жадвал

Тегирмонларнинг техник таъриф-тавсифи

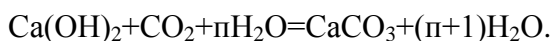
Кўрсаткичлар номи	Шар тегирмон			Аэробиль тегирмон	
	СМ-15	СМ-174	СМ-14	А	В
Барабаннинг ички диаметри, мм	900	1500	1500	-	-
Барабаннинг иш узунлиги, мм	1800	1500	5700	-	-
Иш унуми (майдалиги 009 номерли элакда 15% қолдиқ қолишига қараб аниқланади) т/соат					
Оҳак бўйича	0,8	2	5,1	2,3	4,6
Оҳактош бўйича	0,7-1	1,6-2,4	1-6	1,8-2,8	3,6-5,6
Донадор домна шлаки бўйича	0,5	1,1	2,8	1,3	2,6
Электр двигателининг қуввати, кВт	19,7	55	130	50	90

20-§. Ҳавода қотадиган оҳакнинг қотиши, хоссалари ва ишлатилиши.

Оҳак қотаётганида рўй берадиган жараёнлар. Шунини таъкидлаб ўтиш керакки, сўндирилган оҳак қотаётганида қурилишбоп қоришма таркибига кирадиган оҳак хамирининг пластик ҳолатидан қаттиқ (хамир, тошдек қотадиган) ҳолатга ўтиши жуда секин, шу билан фақатгина тегишли қуриқ ҳаво шароитларида рўй беради.

Оҳак хабири бир қанча омиллар, чунончи, сувнинг буғланиши ва кальций гидроксидининг кристалланиши натижасида қотади. Нами қочиши натижасида кальций гидроксидининг майда заррачалари ўзаро яқинлашади ва қушилиб, кристаллар ҳосил қилади. Суви буғланган сайин кристаллар тобора кўпая боради, ўзаро чатишиб оҳак хабири массасига санчилган мустаҳкам кристалл ўсимтага айланади.

Карбонлашиш ҳам оҳак хамирининг мустаҳкамланишига ёрдам беради: оҳак нам бўлса ҳаводаги карбонат ангидридни ўзига тортади ва қуйидаги реакция бўйича кальций карбонатга айланади:



Оҳак қоришмалар одатда унчалик чуқур карбонлашмайди: бир неча ойда кўпи билан 5-7 мм га боради. Бунга сабаб шуки, оҳак хабири юзасида ҳосил бўладиган CaCO_3 пардаси карбонат ангидрид газининг кальций гидрооксидига сингиб боришига кўпроқ тўсқинлик қила бошлайди. Шунини назарда тутиб, хулоса қилиш мумкинки, карбонлашиш оҳак хабири эндигина қота бошлаган даврда қуриш жараёнига қараганда мустаҳкамлигига кам таъсир кўрсатади. Шунинг учун ҳам оҳак хабиридан ишланган буюмларнинг қотиши учун қулай очик-қуруқ ҳаво шароитларини яратиб бериш (мусбат ҳарорат ва атрофдаги муҳит сал нам бўлиши) керак.

Оҳак қоришма юзасида кальций карбонат ангидрид пардаси ҳосил бўлади, асосан буюмларнинг сувга чидамлилиги янада ошади. Кальций гидрооксиди сувда ниҳоятда яхши (1 литрда 1,3 граммгача) эрийди, холбуки кальций карбонат ангидриднинг эрувчанлиги бундан 40 баравар кам, яъни 1 литр сувда кўпи билан 0,03 г эрийди.

С ў н д и р и л м а г а н т у й и л г а н о ҳ а к сўндирилган оҳакка нисбатан бирмунча бошқача тартибда қотади. Унинг қукуни сувда қорилганида нисбатан тез қуюклашиб, тез қотадиган пластик оҳак хабири ҳосил бўлади. Бу жараёнлар физик-кимёвий табиати билан гидравлик ва гипс боғловчи моддалар қотаётганда рўй берадиган жараёнларга ўхшаб кетади. Акад. А.А. Байков (Россия) таълимотига кўра, бу жараёнлар қуйидаги схема бўйича давом этади: эрийди-коллоидланади-кристалланади.

Кальций оксидига сув тегиши билан эрийди ва тўйинган эритма ҳосил қилади. Эриши билан CaO гидратацияланади ҳам. Тўйинган CaO эритмаси Ca(OH)_2 га нисбатан дарҳол ўта тўйиниб қолади, чунки CaO га нисбатан Ca(OH)_2 кам эрувчан. Ана шундай ўта тўйинган эритмадан одатдаги шароитларда CaO нинг тўйинган эритмага мос концентрацияси ҳосил бўлгунича қаттиқ модда ажралиб чиқа бошлайди.

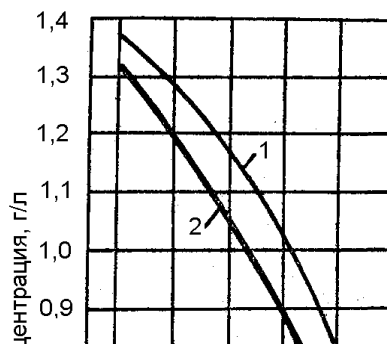
Кальций гидроксиди тўйинган эритмадан майда-майда коллоид заррачалар кўринишида ажралиб чиқади. Бу заррачалар пластик хоссалар туфайли аралашма заррачалари орасидаги ишқаланишни камайтириб, оҳак хамири (ёки қоришмабоп аралашма) нинг ниҳоятда пластик бўлиб қолишига ёрдам беради.

Оҳакнинг гидратланувчи янги заррачалари сувни шимиб олиши ва хамир температурасининг кўтарилиши натижасида тезда ўта тўйинган эритма ҳосил бўлади. Температура ошиши билан оҳакнинг эрувчанлиги камаяди (7-расм). Ҳолбуки, кўпгина бошқа боғловчи моддаларнинг эрувчанлиги, аксинча, ортади. Оҳак хамири CaO гидратацияланаётганида ажралиб чиқадиган иссиқ ҳисобига қизийди. Гидратацияланаётган оҳак заррачалари сувни шимиши аралашманинг тезда ва тобора кўпроқ зичлашишига ёрдам беради. Сўндирилган оҳак қотаётганда шундай бўлмайди. Чунки унинг хамири ниҳоятда серсув бўлади. Ундаги сув эса фақат буғланиш ҳисобига ажралиб чиқади.

Шундай қилиб, сўндирилмаган туйилган оҳак хоссалари туфайли қоришма тезда сувсизланади (қотади).

Кейинчалик сўндирилмаган туйилган оҳакнинг қотиш жараёни сўндирилган оҳакнинг қотиш жараёнидек давом эта беради.

Шуни таъкидлаш керакки, сўндирилмаган туйилган оҳакдан фойдаланаётганда сув-оҳак нисбати, яъни оҳак ёки қоришма тайёрлаш учун олинган оҳак оғирлигига нисбатан процент ҳисобида (ёки улушда) қанча сув қуйилиши алоҳида аҳамиятга эгадир. Қанча сув солиниши аниқ белгилаб олингани тақдирдагина туйилган қайнама гидратацион қотишининг ижобий хоссаларидан яхши фойдаланиш мумкин. Оҳак хамири ҳосил қилиш учун етарлигина сув қуйилса, қоришма тез сувсизланмайди ва мустаҳкамланмайди; заррачалари орасидаги сув шу қадар камлик қилади, заррачалари кристалл ўсимталарига айлангунича анча вақт ўтади. CaO гидратацияланиши учун зарур миқдордан 1,5-2 баравар (мисол учун, оҳак оғирлигидан 60-70%) кўп сув солинса, оҳак хамири жудаям қизиб ва обдан буғлана бошлайди; ажралиб чиқётган буғ жадал зичлашаётган аралашмани бузади.



7-расм. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ва CaO ларнинг ҳароратга қараб эрувчанлиги; 1- CaO ; 2- $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Тажриба шуни кўрсатадики, сув оҳак нисбати 100-150% атрофида бўлганда гидратацион қотиш энг катта эффект билан намоён бўлади (оҳак сифатига қараб). Магнезиал ва доломитли оҳак ёки таркибида гил аралашмалари кўпи билан 3% бўлган оҳактошлардан олинган оҳак кам, ширалиси эса кўп миқдорда сув талаб қилади. Биринчисининг миқдори 100% атрофида бўлса, иккинчисиники 150% дир.

Физик-механик хоссалари. Ҳавода қотадиған оҳак маълум сифат кўрсаткичлари билан характерланади. Ана шу кўрсаткичларига кўра уч сортга бўлинади (16-жадвал).

1 кг кесак (сўндирилмаған) оҳак хамирнинг чиқиши дейилади. Бу ишлаб чиқаришда оҳакнинг энг муҳим характеристикаси ҳисобланади. Оҳак хамири қоришмада боғловчилик вазифасини ўтайди. У қум зарраларини сунъий тошқилиб бириктиради ва қоришмабоп аралашманинг кўнгилдагидек ейилувчан бўлишини таъминлайди. Бошқа бир хил шароитларда қоришманинг ейилувчанлиги қоришма таркибидаги оҳак миқдорига боғлиқ бўлади. Демак, оҳак хамири қанчалик кўп ҳосил бўлса, шунчалик кам қайнама-оҳак талаб қилади.

16-жадвал

Ҳавода қотадиған қурилишбоп оҳакка нисбатан техник талаблар
(Стандарт бўйича)

Кўрсаткичлар номи	Сорти		
	1-	2-	3-
А. Сўндирилмаған кесак ёки туйилган оҳак: қуруқ моддага ҳисоблаганда			
Актив $\text{CaO}+\text{MgO}$ миқдори, %			
а) қўшилмасиз сўндирилмаған оҳакда, камида	85	70	60
б) қўшилмали сўндирилмаған оҳакда, камида	64	52	-

Кесак оҳакда сўндирилмаган доналар миқдори, % кўпи билан	10	20	25
Б. Порошок (кукун) ҳолигача сўндирилган гидрат оҳак: Куруқ моддага ҳисоблаганда актив СаО+MgO миқдори, %			
а) кўшилмасиз гидрат оҳакда, камида			
б) кўшилмали гидрат оҳакда, камида			
Гидрат оҳакнинг намлиги, % (нам моддага ҳисоблаганда), кўпи билан	67 50	55 40	50 30
Тўйиш даражаси, %			
063 номерли элакдаги қолдиқ, кўпи билан	5	5	5
009 номерли элакдаги қолдиқ, кўпи билан	2 10	2 10	2 10

Оҳак хамирнинг кўп-оз бўлиши актив СаО+MgO, сўнмаган доналар ва кальций оксидидан қанча борлигига боғлиқ. Таркибида СаО кам бўлган магнезиал ва доломит оҳакдан оз магнезиалли (таркибида СаО кўп) оҳакка қараганда кам оҳак хамир ҳосил бўлади. Оҳак хамирдан қанча ҳосил бўлиши асосан заррачаларнинг сўндиргандан кейинги дисперс (майдалик) даражасига боғлиқ. Кальций оксиди майда заррачаларгача жуда тез сўнади. Холбуки, MgO ва ўта куйган зарралар унчалик тез сўнмайди. Кальций оксидининг гил-аралашмалари билан ўзаро таъсир этишишидан ҳосил бўлган маҳсулотлар эса ё бутунлай сўнмайди ёки жуда секин сўнади.

Оҳакнинг ширали ёки ширасиз бўлиши ҳам заррачаларининг майдалик даражасига қараб аниқланади. Ширали оҳак асосан ўлчамлари жиҳатидан коллоидларга яқин жуда майда Са(ОН)₂ заррачаларидан ташкил топган бўлиб, таркибида сўнмаган доналар кам. Ширасиз оҳак анча дағал сўнади, сўнганда талайгина доналари парчаланмай қолади.

1 кг кесак қайнама-оҳакдан олинадиган оҳак хамир ҳажми, хамир тайёрлашнинг технологик усуллари ҳам боғлиқ. Бевосита кесак оҳакни мўл сув қуйиб сўндириш ёки кукун-оҳакка кўнгилдагидек хамир ҳосил бўлгунича сув қуйиб туриш йўли билан оҳак хамир олиш мумкин. Таркиби жиҳатидан иккаласи ҳам бир хил бўлади. Бироқ одатта кесак оҳакни сўндириш билан кукун-оҳакни сўндиргандагига қараганда анча кўп оҳак хамир ҳосил бўлади. Бошқа бир хил шароитларда бу ҳажмлар нисбати 5:3 бўлади. Гап шундаки, мўл сув билан сўндирганда заррачаларининг майдаланиш даражаси хийла юқори бўлади. Чунончи, кукун-оҳак

заррасининг ўртача ўлчами 6-10 мк бўлса сут ҳолатигача сўндирганда 1 мк бўлади. Оз сув куйганда, афтидан сўндириш маҳсулоти бир оз куйдириб юборилса керак¹.

Кесак қайнама-оҳак бўлакларининг ўлчами кўпинча оҳак хамир миқдори (шунингдек сўниш тезлиги)га катта таъсир қилади. Қайнама доналари анча майда бўлса, сўндирганда нисбатан дисперс маҳсулот ҳосил бўлади ва бу жараён тезлашади. Доналарининг ўлчамлари 10 мм гача бўлган сўндирилмаган оҳакдан кўпроқ ва юқори сифатли оҳак хамир чиқади.

П л а с т и к л и г и. Оҳак қоришмабоп аралашмаларнинг ниҳоятда пластик (бирикувчан ва ёйилувчан) қилади. Бу унинг энг муҳим хоссаларидан ҳисобланади.

Оҳак хамирининг ниҳоятда пластик бўлишига сабаб шуки, оҳак доналари ўз юзасида сув қатламини адсорбцион ушлаб туради. Шу сабабли донача гидродинамик мойланади ва улар ўртасидаги ишқаланиш камаяди. Доналари қанчалик майда бўлса, уларнинг солиштирма сирти шунчалик катта, боғловчи эса пластик бўлади. Оҳак хамирининг бу хоссалари ундан пластификатор сифатида фойдаланишга имкон беради. Бинобарин, қоришма тайёрлаш учун ишлатиладиган цемент тежалади.

Аралаш қоришмаларда портландцементга қўшиладиган оҳакнинг руҳсат этиладиган миқдори ҳар хил бўлиши мумкин. Масалан, куруқ шароитларида фойдаланаётганда I ва II класс бинолари учун қўшилма ва цементнинг энг кўп вазн нисбатин 3:1 гача бўлиши мумкин [Ca(OH)₂ га ҳисоблаганда]: III класс бинолари учун зарур марказдаги қоришмага етарли миқдордагина бўлади. Нам шароитларда бино кураётганда оҳак: цемент нисбати биноларнинг классига қараб тегишлича 0,6:1 ва 0,75:1 дан ошмаслиги керак. Оҳак миқдорини ана шундан оширмаслик керак. Акс ҳолда, бетон конструкциянинг сувга чидамлилиги ва барқарорлигига путур етказилиши мумкин.

Ч ў к и ш и. Оҳак қотаётганда анчагина сув йўқолади, натижада оҳак заррачалари орасидаги сув камаяди, заррачалар бир-бирига яқинлашади ва қотаётган оҳак хамири чўқади.

Сув маҳсулот кесими бўйича бир хилда буғланмайди. Юза қатламлари тезроқ қуриydi ва чўкиш ҳодисалари туфайли, ички, ҳали намиқмаган ўзагини сиқа бошлайди. Оқибатда буюмнинг юза қатламларида ички чўзучи зўриқишлар пайдо бўлади ва буюм дарз кетади.

Камроқ чўкиш ва дарз кетмаслиги учун оҳак хамири «соф» ҳолда ишлатилмайди. Оҳак хамири минерал тўлдиргичлар билан биргаликда қоришма ва бетон тариқасида ишлатилади. Тўлдиргичлар аралашмада чўкишига тўсқинлик қиладиган мустаҳкам скелет ҳосил қилади. Ширали оҳак чўкувчанроқ. Шунинг учун тўлдиргичлар билан иложи борича яхшироқ суюлтирилиши зарур.

¹ Лекин, оҳак кукун қолигача яхши сўндирилган бўлса ва агарда соф сўндирилган оҳак бир неча кун сувда бўлса, деярли кесак оҳак ишлатгандагича оҳак хамир олинishi мумкин.

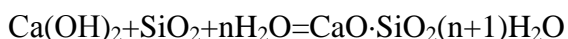
Тўлдиргич ишлатиш техник, шу билан бирга иктисодий аҳамиятга ҳам эга. Уларни ишлатиш оҳакни тежашга имкон беради, шу билан қоришма ва бетон таннархи арзонлашади.

Қоришмага қанча оҳак сарфлаш кўп жиҳатдан тўлдиргичларнинг дона таркибига, яъни доналарининг йириклиги ва улар орасидаги бўшлиқлар ҳажмига боғлиқ. Қоришмада оҳакнинг роли қум зарралари орасидаги ҳамма бўшлиқларни тўлдириш ва уларни юпқа хамир қатлам билан қамраб олишдан иборат. Керагидан ортиқча оҳак солинса, чўкиш дарзлари ҳосил бўлиши мумкин, оҳак кам солинса, қоришма яхши ёйилмайди ва унчалик мустаҳкам бўлмайди.

Тўлдиргичларнинг қавакланувчанлиги ундаги йирик ва майда доналар нисбати билан аниқланади. Оптимал таркибидаги қум зарраларининг орасидаги қаваклар оҳак зарраларидан бир неча бор катта бўлади. Шунинг учун ҳам қулай жойланувчан қоришма ишлаш учун нисбатан кўп оҳак сарфлашга тўғри келади. Оҳак сарфини камайтириш мақсадида тўлдирувчи қўшилмалар солинади. Оҳак зарраларига қараганда кам дисперс бўлганлиги учун қўшилмалар тўлдиргич орасидаги йирик қавакларни тўлдиради.

Айниқса туйилган оҳактош бу жиҳатидан яхши натижа беради. У оҳак билан реакцияга киришиб $\text{CaCO}_3 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ комплекс бирикма ҳосил қилади ва шу билан қоришма мустаҳкамлигини камайишига йўл қўймайди. Оҳактош бўлса қотаётган маҳсулотда CaCO_3 кристалларининг ҳосил бўлиши жараёни тезлашади: CaCO_3 нинг майда заррачалари кристалланиш марказлари, куртаклари ҳисобланади. Оҳак билан оҳактош аралашмасини майда туйиш маҳсулоти карбонат оҳак деб аталган. Унда CaCO_3 вазнан 40-60% бўлиши мумкин. Қанча бўлиши кераклиги карбонат оҳакда актив $\text{CaO} + \text{MgO}$ дан, қуруқ моддага ҳисоблаганда камида 30% бўлиши лозим деган шартга асосан белгиланади. ГОСТ майда туйиш даражаси ва сўниш тезлиги бўйича оддий оҳакка нисбатан қандай талабларни қўйса, карбонат оҳакка нисбатан ҳам худди ана шундай талаблар қўяди.

Тўлдиргичларга ёпишиши. Кальций гидрат оксидининг заррачалари тўлдиргичлар юзасида етарлича даражада мустаҳкам тура олади. Оҳак қоришма кўпинча бирикиш юзасидан эмас, балки бевосита қотган оҳак хамирдан емирилади. Карбонатлашиш ва $\text{Ca}(\text{OH})_2$ нинг тўлдиргичлар билан кимёвий таъсир этишиши ҳисобига янада яхшироқ ёпишади. Оҳак билан тўлдиргичлар таркибидаги куптупроқнинг қуйидаги схема бўйича ўзаро таъсир этишиши ана шундай реакциялардан ҳисобланади:



Реакция натижасида сувга чидамли ва мустаҳкам кальций гидросиликат ҳосил бўлади.

Одатдаги шароитларда $\text{Ca}(\text{OH})_2$ кремний оксиди билан жуда суст реакцияга киришади. Температура ошиши билан (айни вақтда нам муҳит шароитлари туғдириб берилса) гидросиликат ҳосил бўлиши жараёни анча тезлашади. Юксак температуранинг оҳак билан қум

кремний оксиди орасидаги реакцияга ана шундай таъсирдан силикат буюмлар ишлаб чиқаришда фойдаланилади. Силикат буюмлар автоклавларда 8 ати босим ва 174⁰ туйинган сув буғида буғланади.

Оҳакнинг тўлдиргичлар билан бирикиш даражаси кум заррачаларининг юзаси қанақа эканлигига ҳам боғлиқ бўлади. Юзаси силлиқ, юмалоқроқ кум заррачаларига қараганда юзаси ғадур-будур заррачалар мустаҳкам ёпишади. Шунинг назарда тутиб, силикат буюмлар ишлаб чиқаришда кум дезинтеграторларда майдаланади, дағаллаштирилади. Юзасини ғадир-будур қилишдан ташқари активлиги камроқ, юқориги юза пардаси шилиб ташланади ва оҳакка нисбатан активроқ қатламлари яланғочланади.

Сўндирилмаган туйилган оҳак тайёрлаш учун хом ашё тарикасида таркибида 8 дан 20% гача гил бўлган гил-оҳактошлар ҳам ишлатилиши мумкин. Бу оҳактошлар гидравлик оҳак тайёрлашда қўлланилади. Туйилган сўндирилмаган оҳак сортидан қатъи назар унинг сифати қўшимча равишда майда туйилиш даражаси билан характерланади. Туйилган сўндирилмаган оҳак кукуни, стандарт га кўра эланганда 063 номерли (тешиги 0,63 мм) элакда кўпи билан 2%, 009 номерли (тешиги 0,09 мм) элакда кўпи билан 10% қолдиқ қолиши керак. Шунингдек, сўнмаган оҳакнинг 0,2-0,3 мм дан йирик доналари котган оҳак қоришмаларнинг дарз кетишига сабабчи бўлиши мумкин деб ҳисоблайдилар. Шунинг учун ҳам туйилган сўндирилмаган оҳак ана шундай ўлчамдаги доналар бўлмаслиги керак.

Мустаҳкамлиги. Туйилган сўндирилмаган оҳак мустаҳкамлик кўрсаткичлари бўйича 4, 10, 25 ва 50 маркаларга бўлинади. «Нормал» (доналари стандарт таркибли) кум қўшиб 1:3 нисбатда тайёрланган пластик қоришмадан ишланган ва 28 суткада синалган намуналарни сикқандаги мустаҳкамлик чегарасига мувофиқ ана шу маркаларга бўлинган.

Туйилган сўндирилмаган оҳакдан тайёрланган қоришмалар ҳавода котадиган сўндирилган оҳакдан тайёрланганига қараганда мустаҳкамроқ ва сувга чидамлироқ бўлади. Бунга сабаб шуки, сўндирилмаган туйилган оҳак кам сув билан қорилади: ортиқча қуйиладиган сув микдори (кимёвий реакция учун керак бўладиган сувдан ортиғи) камаяди, бу эса анча зич ва мустаҳкам қоришма тайёрлашга имкон беради. Сувнинг СаО билан кимёвий реакцияга киришиш учун ютилиши ҳам суяқ фазанинг камайишига олиб келади. Холбуки, сўндирилган оҳак ишлатганда ана шундай имкон бўлмайди; сўндирилган оҳакнинг ҳамма зарралари гидратлардан иборат бўлиб, улар сувни кимёвий йўл билан юта олмайди.

Қотаётганида ҳажман текис ўзгариши. Туйилган сўндирилмаган оҳакка нисбатан қуйиладиган техник талабга кўра, оҳак қотаётганида ҳажман текис ўзгарадиган бўлиши керак. Туйилган қайнама-оҳакни қориш учун қанча сув етарли бўлишини аниқлаш (хамир нормал қуюқ бўлиши) учун сув-оҳак нисбати ҳар хил оҳак хамирдан шиша устида диаметри 7-8 мм

ўртасидаги қалинлиги 1 см га яқин кулчалар тайёрланади. Бир суткадан кейин кулчалар ташқи томондан бир қарра текшириб кўрилади. Оҳақ хаамири кулчалар дарз кетмайдиган миқдорда оптимал сув қуйиб тайёрлангандагина нормал қуюқ бўлади. Шунда кулчалар ҳажман текис ўзгарган бўлади.

Ҳажмининг текис ўзгариш шароитлари асосан сўндирилган оҳаққа қараганда анча юқори техник хоссаларга эга бўлган бу оҳақда амалда фойдаланиш имкониятларини очиб беради.

Оҳақ ҳажмининг нотекис ўзгариши бир қатор омилларга боғлиқ. Масалан, куйдириш режими бузилса, айрим доналари нотекис сўнади: ўта пишган зарралар нормал куйганларига қараганда сустр сўнади. Ўта пишган доналари нормал пишган қисмларининг тез сўниши ва кристалланиши натижасида қотиб бўлган хамирда ҳам сўнишда давом эта беради, натижада дарз-ёриқлар ҳосил бўлади.

Нотекис куйдиришнинг зарарли таъсирини оҳақни янада майда туйиш билан анча камайтириш мумкин: ўта пишган жуда майда зарралар ҳажми абсолют кам кенгайди ва ундаги ички чўзувчи зўриқишлар ҳам кучсизроқ бўлади. Бундай ҳолларда оҳақни вибро туйиш тавсия қилинади.

Сифатли куйдирилган оҳақ ҳажмининг нотекис ўзгаришига кальций оксидининг $\text{Ca}(\text{OH})_2$ га айланиши ва қайта кристалланиши ҳам сабабчи бўлиши мумкин. CaO тез гидратланиши ва талайгина иссиқ ажралиб чиқиши натижасида ана шундай ўзгариш содир бўлади. Бунинг олдини олиш учун иложи борича иссиқни четлатиш керак. Шунинг учун ҳам қишки шароитларда туйилган сўндирилмаган оҳақ ишлатиш анча сифатли қоришмалар тайёрлашга имкон беради. Қайта кристалланиш қотаётган система структурасига зарарли таъсир қилмаслиги учун материалнинг ортиқча кенгайишга йўл қўймайдиган қолиплар ишлатилади.

Оҳақнинг гидратланишини секинлаштирадиган қўшилмалар қўшиш яхши натижалар беради. CaO сув билан бутун вақт давомидв бир текисда реакцияга киришади, содир бўлаётган структура жараёнлар бир меъёрда ривожлана боради. Сульфит-спирт барда (вазн бўйича) 0,15-0,3 миқдорда қўшилади ва сульфатлар (гипс, магний сульфати ва бошқалар) ана шундай қўшимчалардан ҳисобланади. Сульфатлар оҳақ оғирлигининг 3-5% гача миқдорида алоҳида ёки барда билан бирга қўшилади.

Шуни ҳам айтиб ўтиш керакки, қотаётганда талайгина иссиқ ажралиб чиқиши салбий ҳодисагина бўлиб қолмай, сўндирилмаган оҳақда тайёрланган қоришмалар қишда ишлатилаётганда яхши фойда бериши мумкин. Чунки қоришма тез музлаб қолмайди. Бундай қоришмалар, юқорида айтиб ўтилганидек, сўндирилмаган оҳақ ниҳоятда экзотермик бўлгани (кўп иссиқ чиқариши) сабабли тезроқ қурийд.

Оҳак қоришмалар ва бетонларнинг кўпга чидаши. Сунъий тош материалларининг емирилишига кўпинча қотиб қолган боғловчида ташқи муҳитнинг агрессив таъсири натижасида коррозияланиш (емирилиш) жараёнларининг ривожланиши сабабчи бўлади.

Оҳак қоришмалар ҳаво таъсирига яхши чидайдиган материаллардан ҳисобланади. Қуруқ-ҳаво режимида қоришмаларнинг мустаҳкамланиши учун қулай шароитлар туғилади. Чунки бу ҳолда оҳак хамирининг нами қочиши, шунингдек карбонлаш жараёни ривожланиши натижасида оҳак хабири мустаҳкамлана бошлайди.

Нам шароитларда оҳак қоришмалар намиқади, натижада мустаҳкамлиги бўшашади ёки бутунлай бузилади.

Батамом қотган оҳак қоришмалар нисбатан совуққа анча чидамли бўлади. Оҳак қоришма билан сувалган бино олдиларининг узоқ вақт яхши сақланиши бунга яққол далил бўла олади. Оҳак қоришмаларнинг сув ва совуқ таъсирига чидамлилиги уларнинг сув музлаганда муз ҳажми кенгайганида ҳам бузилмайдиган структурасига боғлиқ.

Ҳавода қотадиган оҳак ишлатиладиган соҳалар. Энг муҳим боғловчи моддалардан ҳисобланадиган ҳавода қотадиган оҳакнинг юқорида кўрсатиб ўтилган хоссалари амалда уни қандай соҳада ишлатиш кераклигини белгилаб беради.

Ҳавода қотадиган оҳак асосан қуйидаги соҳаларда ишлатилади: қуруқ-ҳаво шароитларидаги ер устида бино қуриш учун зарур қурилишбоп қоришмалар тайёрлашда:

худди шундай мақсадда ишлатиладиган сувоқбоп қоришмалар тайёрлашда:

гидравлик боғловчи, яъни оҳак-шлак ва оҳак-пуццолан цементлар тайёрлашда:

гипс-оҳак боғловчилар (бирга туйилган) тайёрлашда:

силикат (автоклав) буюмлар ишлашда:

ташқи ҳавоси паст шароитларда тўлдирма девор қураётганда ишлатиладиган шлак бетонда (туйилган сўндирилган оҳак):

қуриқ-ҳаво шароитларида ишлатиладиган конструкциялар учун паст маркали бетон тайёрлашда:

енгил бетон тош (цемент ёки қўшилмалар билан аралаштириб) ишлашда:

тузли эритмалар билан қораётганда (сўндирилган доломит оҳак): иссиқни изоляциялайдиган ва бошқа материалларни тайёрлашда.

Рангли оҳак аралашмалар тайёрлашда.

Ҳавода қотадиган оҳак ишлаб чиқаришни ташкил этаётганда у маҳаллий боғловчи модда эканлиги назарда тутилади. Керак бўладиган хом ашё материаллар ва ёқилги деярли ҳамма ерда топилади. Уни тайёрлаш учун унчалик мураккаб бўлмаган ускуналар ва озгина маблағ талаб қилинади. Ана шу сабабларга кўра, оҳак нисбатан унчалик қимматга тушмайди.

Механизациялашган ва қуввати катта (йилига 100 минг т ортик оҳак ишлайдиган) корхоналарда эса завод таннархи янада камаяди.

Ҳавода қотадиган оҳак ишлаб чиқаришни янада ривожлантириш шунинг учун ҳам мақсадга мувофиқ ва зарурки, унинг асосида мустаҳкам ва яхши қурилиш буюмлари ишланиши мумкин, уларни тайёрлаш иқтисодий жиҳатдан анча фойдали, қиммат турадиган бошқа боғловчи моддалар ўрнида ишлатса ҳам бўлади.

2 қисм

ГИДРАВЛИК БОҒЛОВЧИ МОДДАЛАР

IV БОБ

ГИДРАВЛИК ОҲАК ВА РОМАНЦЕМЕНТ

1-§. Гидравлик оҳак

Одатда таркибида 6 дан 20% гача гил аралашма бўладиган мергель оҳактошларни эриб, бир-бирига ёпишиб қолмайдиган даражада куйдириб, кейин майда туйганда ҳосил бўладиган боғловчи моддага гидравлик оҳак дейилади.

Гидравлик оҳак туйилган сўндирилмаган («туйилган сўндирилмаган оҳак») ва кукун ҳолигача сўндирилган (майда туйилган сўнмаган заррачалар аралашмаси билан) оҳак ҳолида ишлаб чиқарилади.

Қотиш тезлиги ва механик жиҳатдан қанчалик мустаҳкамланишига қараб, гидравлик оҳак иккига бўлинади: кучли гидравлик оҳак ва кучсиз гидравлик оҳак.

Оҳакнинг гидравлик даражаси гидравлик (асосий) модуль (m) миқдори билан аниқланади. Гидравлик модуль оҳак (хом ашё) таркибидаги кальций оксиди ва кислота оксидлари (йиғиндиси)нинг миқдор нисбати билан ифодаланади:

$$m = \frac{\%CaO}{\%(SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3)}$$

Оҳакда фақат ҳавода қотадиган CaO қанчалик кўп, яъни асосий модуль қанчалик катта бўлса, унинг гидравлик хоссалари шунчалик паст бўлади, чунки CaO кўп бўлса, ана шундай хоссаларга эга бўлган бошқа моддалар (кальций силикат, алюминат ва ферритлар) кам бўлади. Гидравлик оҳак гидравлик модуллининг миқдори, 1,7-9 га тенг. Гидравлик модули 1,7-4,5 га тенг бўлган оҳак кучли гидравлик оҳак, модули 4,5-9 гача бўлган оҳак кучсиз гидравлик оҳак ҳисобланади. Гидравлик модуль 9 дан ортиқ бўлса, оҳак амалда гидравлик хоссаларга эга бўлмайди ва у ҳавода қотадиган оҳак ҳисобланади.

Икки кальцийли силикат ($2CaO \cdot SiO_2$), икки кальцийли феррит ($2CaO \cdot FeO_2$) ва бир кальцийли алюминат ($CaO \cdot Al_2O_3$) куйдириладиганда ҳосил бўладиган ва куйдириш маҳсулотини гидравлик хоссали қиладиган бирикмалардан ҳисобланади. CaO нинг SiO_2 , Al_2O_3 ва Fe_2O_3 ларни кўрсатилган бирикмалар тарзида боғлай оладиган энг кўп миқдори 1,7-1,8 оғирлик қисмини ташкил қилади. Гидравлик оҳакнинг асосий модули одатда бир оз юқори –9 гача, кўпинча 3-5 бўлади, яъни гидравлик оҳакда CaO нинг 9 оғирлик қисмига 1 оғирлик қисм кислота оксидлари тўғри келади. Шундай қилиб, гидравлик оҳак таркибида, гидравлик бирикмалар-кальций силикатлар, алюминатлар ва ферритлар билан биргаликда озми-кўпми эркин CaO ҳам бўлиши мумкин. Шунга кўра, гидравлик оҳак ишлаб чиқариш хусусиятлари, унинг хоссаалари ва ишлатилиш соҳалари ҳам ҳар хил.

Технологик схема. Мергел оҳактош портлаш йўли билан қазиб олинади, майдаланади, сараланади ва куйдирилади.

Оҳак куйдирувчи агрегат сифатида шахта ёки айланма печлардан фойдаланилади. Шахта печларда камида 20-40 мм ўлчамда бўлган оҳактош, айланма печларда эса 15-20 мм ўлчамдаги оҳактош куйдирилади.

Мергел оҳактошларни куйдираётганда кальций оксиди ҳосил бўлади. У гил аралашмалар таркибидаги кислота оксидлари билан ўзаро таъсир этишади. Шунда кальций силикатлари, алюминатлари ва ферритлари ҳам ҳосил бўлади. Айтиб ўтилган ўзаро таъсир этишиш суюқ фаза эритма ҳосил бўлмасдан қаттиқ фазаларда содир бўлади. Шунинг учун ҳам куйдирилган материал кесакланиб қолмайди.

Гидравлик оҳакни куйдириш температураси амалда 800-900⁰ С дан 1000⁰С гача бўлади. 1100⁰С дан юқори температура тавсия қилинмайди, куйдириш температураси шундан ошса, маҳсулот сўниш қобилиятини йўқотади.

Гидравлик оҳак ишлаб чиқариш учун доломитлашмаган, шунингдек, доломитлашган оҳактошлар қўлланилади. Долomitлашган оҳактошлардаги MgCO₃ миқдори 20% гача боради. Бундай оҳактошларни куйдираётганда талайгина магний оксиди ҳосил бўлади. Магний оксиди эса куйдириш температураси 800-900⁰С дан ортиши билан сувга нисбатан активлигини тобора камайтира боради. Бундай магнезия секин сўнади ва қотиб қолган бетонда ҳам сўнишни давом этириши мумкин. Натижада бетон ёрилиб кетиши мумкин. Шунинг учун ҳам доломитлашган мергел оҳактошларни юқорида кўрсатилгани каби 800-900⁰С дан ошмайдиган температурада шахта ёки айланма печларда куйдириш керак.

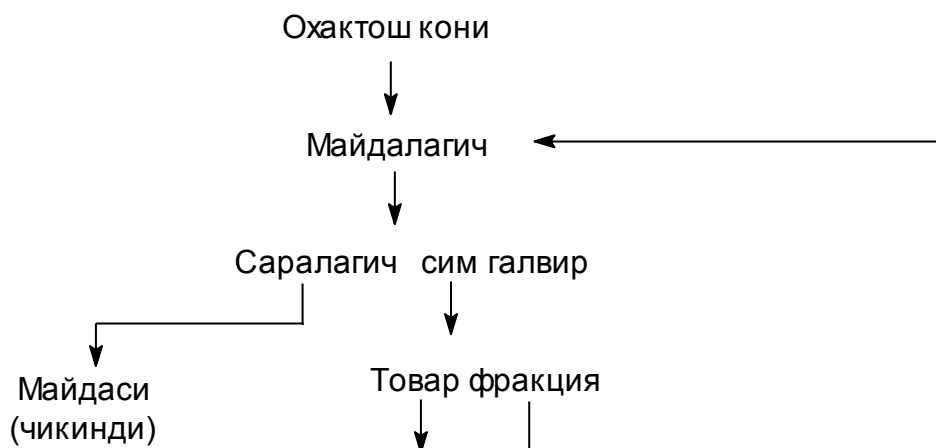
Шахта печ тури ишлатиладиган оҳактошларнинг кимёвий таркибига қараб танланади. Оҳактошлар доломитлашмаган бўлса, хом ашё билан ёқилғи аралаш солинадиган печлар ишлатилади. Долomitлашган оҳактошлар эса ёқилғи батамом ёнгандан, ўтхонаси ташқарига чиқарилган печларда ёки анча тежамли ним газ печларда куйдирилгани маъқул. Акс ҳолда, магний оксиди куйиб кетади.

Туйилган сўндирилмаган оҳак ишлаш доломитлашмаган оҳактошлар хом ашё билан ёқилғи аралаш солинган печларда куйдирилгани яхши. Чунки майда туйилган ҳолдаги ёқилғи кули оҳакнинг гидравлик хоссаларини оширади.

Айланма печлар ишлаб чиқаришнинг бу соҳасида кам ишлатилади. Чунки ёқилғи сифатида кўмир чангини ишлатишга, кўмир чанг тайёрлашни ташкил этиш учун кўп маблағ сарфлашга, шунингдек куйдириш учун анча кўп, яъни шахта печларида куйдириладиган вақтдаги 12-15% ўрнига оҳак оғирилигига нисбатан 20% гача шартли ёқилғи сарфлашга тўғри келади. Шунга қарамасдан, бошқа бир қатор кўрсаткичлари, жумладан, сермехнатлилиги жиҳатидан шахта печларга қараганда анча тежамли калта айланма печлар ишлатилади.

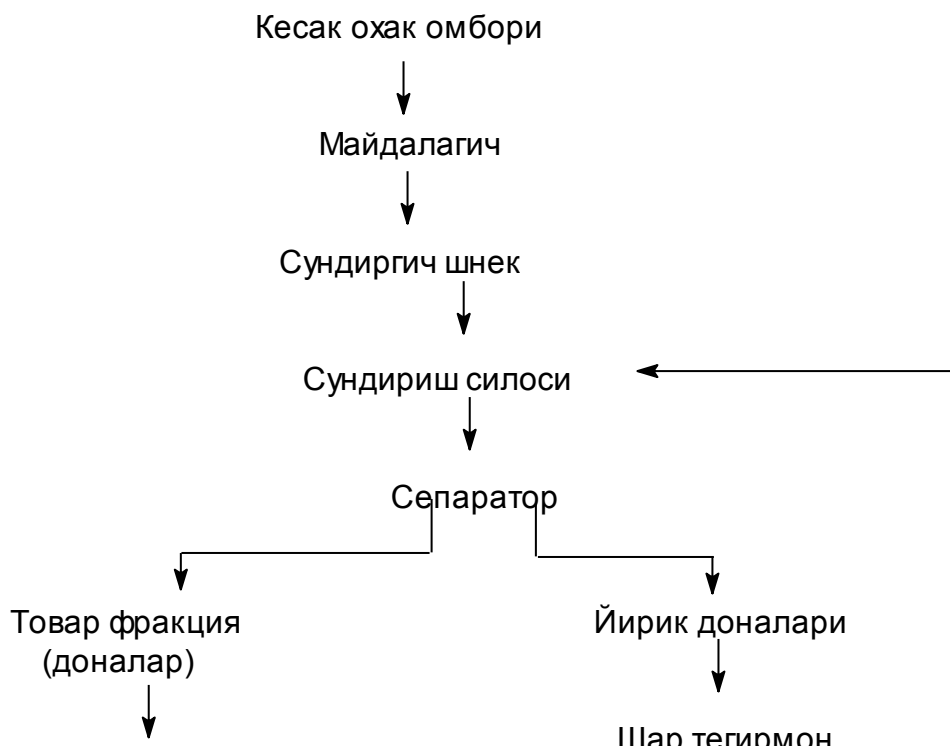
Гидравлик оҳак куйдиришда шахта ва айланма печларнинг иш унуми, тахминан, ҳавода қотадиган оҳакни куйдириш печларининг иш унумидек бўлади.

Сўндирилмаган туйилган гидравлик оҳак ишлаб чиқараётганда технологик операциялар қандай тартибда давом этиши куйидаги схемадан кўриниб турибди:



Улушлагич

Улушлагич



Идишда жунатиш

Печдан олинаётган куйдириш маҳсулоти (сўндирилмаган гидравлик кесак оҳак деб юритилади) ҳали боғловчи материал ҳисобланмайди ва қоришма ҳамда бетон ишлашида унда фойдаланиб бўлмайди. Боғловчи модда ҳосил қилиш учун сўндирилмаган кесак оҳак бўлаклари майда туйилиши керак.

Гидравлик кесак оҳак икки усулда, яъни механик йўл билан шар тегирмонларда ва сўндириш йўли билан туйилиши мумкин. Биринчи усулда туйганда сўндирилмаган туйилган гидравлик оҳак (у қўлланиб келинаётган стандарт бўйича туйилган сўндирилмаган оҳак дейилади), иккинчи усулда туйганда эса кукун ҳолигача сўндирилган гидравлик оҳак олинади.

10-20 мм гача бир сидра майдалаб олинган куйдирилган кесак оҳак шар тегирмонларининг сарфлаш бункерига узатилади. Бункердан таъминлагич ёрдамида шар тегирмонига керагича солиб турилади. Майдаланган маҳсулот йирик доналарини айириб ташлаш учун сепараторга юборилади. Йирик доналари қайта туйишга, майда (товар) доналари эса тайёр маҳсулот омборига юборилади. Туйилган сўндирилмаган гидравлик оҳак герметик берк металл контейнерларда ёки битумлаштирилган қоғоз қоқларда ташилади. Идишсиз жўнатишда эса маҳсус жиҳозланган цемент ташигич машиналардан фойдаланилади.

Кукун ҳолигача сўндирилган гидравлик оҳак тайёрлаш технологиясидан кўриниб турибдики, юқорида баён этилган технологиядан тубдан фарқ қилади.

Гидравлик оҳак ҳам ҳавода қотадиган оҳак сингари қимматли хоссага эга: унга сув таъсир қилганида, жуда майдалаб туйганда ҳам шунчалик бўлмайдиган даражада, ниҳоятда майда кукунга айланиб кетади. Бироқ гидравлик оҳак таркибига кирган эркин кальций оксидигина сўниш қобилиятига эга бўлади. Унинг гил оксидлари билан ўзаро таъсир этишиш маҳсулотлари, яъни кальций силикатлари, алюминатлари ва ферритлари сўниш қобилиятига эга бўлмайди. Сўндирилаётганда улар нисбатан йирик ва амалда сувга нисбатан мўрт, сўнмаган

зарралар холида қолади. Аини вақтда худди ана шу бирикмалар майда туйилганида оҳакка гидравлик хоссалар беради. Шунин назарда тутиб, сўнмаган доналари эланади, шар тегимонларида майдаланади. Сўнгра сўндирилмаган оҳак кукунни билан аралаштирилади. Бу усулда ишлаб чиқариш жараёни куйидаги тартибда ўтади.

Куйдирилган кесак оҳак дастлаб 10-20 мм гача ўлчамда майдаланади. Кесак оҳак майдалашдан олдин бир неча (3-5) кун омборда ушлаб турилгани маъқул. Шунда у ҳаводаги нам таъсиридан қисман сўнади, натижада навбатдаги технологик жараёнларни бажариш осонлашади.

Майдаланган маҳсулот сўндиргич аппаратга юборилади. Шу мақсадда одатдаги сўндиргич шнек қўлланилади. Сўндиргич шнекка сув юбориб турилади. Оҳакни кукун ҳолигача сўндириш учун зарур сув миқдори оҳакдаги эркин СаО миқдorigа боғлиқ. Кальций оксиди оҳак оғирлигининг 15-25 процент миқдorida бўлиши керак. Сув минимал нам сўндирилган маҳсулот ҳосил бўладиган миқдорда куйилиши зарур. Акс ҳолда, гидравлик бирикмалар ортиқча куйилган сув билан барвақт ўз-аро таъсир этишиб, қисман гидратацияланади, натижада сифати пасаяди.

Сўндиргич шнекда оҳак батамом сўнмайди. Оҳак ундан сўндиргич силосларга юборилади ва бу ерда батамом сўндирилади. Гидравлик оҳак секин сўнадиган модда бўлгани учун кўпинча 10-15 кунгача силосларда сақланади. Иссиқ сув ишлатиш сўндириш жараёнини анча яхшилади. Шу мақсадда сўндиргич шнекда оҳак буғ билан намланади. Силосдаги массанинг исишига оҳак гидратацияланаётгани вақтида ажралиб чиқадиган иссиқ ҳам яхши ёрдам беради.

Сўндирилган оҳак силосдан бир оз сўнмаган йирик доналар аралашган кукун ҳолида чиқади. Сўнмаган доналарини ажратиб олиш учун оҳак сепараторга юборилади. 0,2-0,25 мм ўлчамдаги майда товар фракция омборга, йирик сўнмаган доналари эса шар тегирмонларга юборилади. Шар тегирмонда майдаланади, сўнгра яна сўндиргич силосга олиб келинади.

Мазкур технология бўйича бир йўла икки хил маҳсулот, яъни кучли гидравлик оҳак ва кучсиз гидравлик оҳак олиш мумкин. Таркибида талайгина гидравлик бирикмалар бўлган, сўнмаган майда туйилган доналари бутун оҳак массасига аралаштириб юборилмасдан, тайёр маҳсулот сифатида ишлатилса, бу кучли гидравлик оҳак ҳисобланади. Сепаратордан олинган майда фракцияда гидравлик бирикмалар нисбатан кам бўлади ва хоссалари жиҳатидан кучсиз гидравлик оҳак ҳисобланади. Таркибида гил аралашмалар кўп (гидравлик модули кўпи билан 4-5 га тенг) оҳактошлардан фойдаланаётганда бир йўла икки хил оҳак ишлаб чиқарилади.

Оҳакнинг қотиши, хоссалари ва ишлатилиши. Гидравлик оҳак таркибидаги кальций оксиди аслида ҳавода қотадиган оҳакнинг ўзгинаси. Шунинг учун ҳам ана шу компонент

қотаётганида содир бўладиган жараёнлар ҳавода қотадиган оҳак қотаётганда рўй берадиган жараёнларга ўхшайди. Сув бўлганида кальций оксиди $\text{Ca}(\text{OH})_2$ гача гидратланади. Оҳак хамиридаги сувнинг буғланиши $\text{Ca}(\text{OH})_2$ нинг кристалланишига ва қоришма ёки бетоннинг секин-аста мустаҳкамланишига ёрдам беради. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ карбонланиши натижасида янада мустаҳкамлана беради. Қоришма юзасида кальций карбонатнинг ҳосил бўлиши оҳак буюмлар мустаҳкамлиги ва сувга чидамлилигини бирмунча оширади.

Оҳакнинг иккинчи компоненти-гидравлик моддалар (кальций силикатлари, алюминатлари ва ферритлари) ўзгача қотади (қуйидаги V бобда бу ҳақида батафсил тўхтаб ўтилди). Кальций силикат, алюминат ва ферритлари сув билан ўзаро таъсир этишганида тегишли моддаларнинг гидратларини ҳосил қилган ҳолда гидратацияланади: $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$; $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ва $2\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot n\text{H}_2\text{O}$. Гидратлар коллоид, ёпишок кўринишда ва шу билан бирга пластик масса ҳолида ҳосил бўлади. Оҳак хамир суви буғлананади ёки гидратацияланадиган моддалар шимганида коллоид массалар коагуляцияланади (зичланади). Коллоид массаларнинг янада мустаҳкамланиши уларнинг кристалланишига боғлиқ.

Гидравлик оҳак қотаётганда аввало ҳавода қотиш, сўнгра гидравлик қотиш жараёнлари рўй беради. Шу сабабли, гидравлик оҳак қотиши учун аввалига қуруқ ҳаво шароитлари, сўнгра (кальций силикатлари, алюминатлари ва ферритлари гидратацияланиши учун) нам шароитлар яратиш талаб қилинади. Оҳак таркибида гидравлик моддалар қанчалик кўп бўлса қотишининг биринчи даври (қуруқ-ҳаво шароитларида) шунчалик қисқа бўлади.

Гидравлик моддаларнинг гидратацияланиши ва шунга яраша қотиши узок вақт давом этиши мумкин. Бироқ бунинг учун нам шароит керак бўлади. Шунинг учун ҳам нам шароит гидравлик оҳак асосида тайёрланган қоришмалар (бетонлар) нинг янада яхшироқ қотиши учун жуда қулай келади.

Гидравлик оҳак хоссалари мустаҳкамлиги, ҳажман текис ўзгариши ва майда туйиш даражаси билан характерланади.

Гидравлик оҳакнинг *мустаҳкамлиги* тахминан қуйидаги кўрсаткичлар билан характерланади (17-жадвал).

Оғирилиги¹ бўйича 1:3 таркибда тайёрланган қаттиқ қоришмадан шиббалаб ясалган, қирраси 7,07 см кублар ва саккизликлар кўринишидаги намуналар синалади.

17-жадвалда кўришиб турибдики, кучли ва кучсиз гидравлик оҳаклар нормал қотиш учун турли шароитлар талаб қилинади. Кучсиз гидравлик оҳакни сувга солгунча 21 сутка, кучли гидравлик оҳакни эса атига 7 сутка ҳавода сақлапш керак.

¹ Синаш методикаси ГОСТ 310-41 да келтирилган.

Гидравлик оҳакнинг механик мустаҳкамлиги

Оҳак турлари	Сақлаш шартлари		Сиқилишга мустаҳкамлик чегараси ¹ , МПа	Чўзилишга мустаҳкамлик чегараси, МПа
	Нам ҳавода	Сувда		
	Неча сутка			
Кучсиз	21	7	0,6	0,2
гидравлик	21	35	0,8	0,33
Кучли	7	21	2,0	0,5
гидравлик	7	49	3,0 ²	0,7

Ҳажман текис ўзгариши гидравлик оҳакнинг қотаётганда ҳажман қанчалик текис ўзгариши оҳак ҳамирдан тайёрланган кулча намуналарни синаш йўли билан аниқланган. Нам-хаво шароитларида 7 сутка сақлангандан сўнг намуналар сувга солиб қўйилади. Сувда 10 сутка сақланганидан кейин кулчалар дарз кетмаса ва қийшаймаса, гидравлик оҳак ҳажман текис ўзгариши бўйича синовдан яхши ўтган ҳисобланади. Акс ҳолда уни ишлатиш мумкин эмас, чунки ана шундай оҳакдан тайёрланган оҳак қоришма қотганидан кейин ҳам бузилиши мумкин.

Сўнмаган йирик оҳак доналари ҳажман нотекис ўзгартиради. Чунки уларда эркин СаО, шунингдек ўта пишган магний оксиди (доломитлашган оҳактош ишлатганда) бўлади.

Майдалиги. Гидравлик оҳак қанчалик майда туйилгани 105-110⁰С температурада қуритилган кукуни квадрат тешигининг бир тарафи 0,09 мм бўлган 009 номерли элақда элаш билан текшириб кўрилади. Элаганда оғирлиги бўйича 10% дан ортиқ қолдиқ қолмаслиги керак.

Ишлатиш соҳалари. Гидравлик оҳак ҳавода қотадиган оҳак қатори ишлатилади. Лекин ундан анча мустаҳкам ва сувга чидамли қоришма ҳамда бетон ишланади. Гидравлик оҳак ҳавода қотадиган шу жиҳатдан катта фарқ қиладики, у сувда ҳам қота олади. Шунинг учун ҳам тобора кенг қўлланиб келинмоқда. Биноларнинг нам шароитларда ишлатиладиган қисмлари, яъни асоси, пойдевори, шунингдек сўғориш каналлари ва унчалик катта бўлмаган бошқа гидротехник иншоотларни қуришда ана шу оҳакдан фойдаланилмоқда.

Гидравлик оҳак асосан қуруқ ва нам шароитларда ишлатиладиган бино деворини қуриш ва сувашда кўп ишлатилади. Паст марка бетон ва бир қатор оҳак-шлак, оҳак-пуццолан яъни цемент ишлаб чиқаришда ҳам ишлатишга рухсат этилади.

¹ ГОСТ 9179-59 да 28 суткада қар хил шароитда (7 суткада нам ҳавода ва 21 сутка сувда) саъланган намуналарнинг сиқилишига мустаҳкамлик чегараси камида 2,0 МПа бўлиши талаб бўлинади.

² Ёзурилиш нормалари ва бўйдалари (1 ғисм, Госстройиздат, 1955) 28 суткалигида сиқилишга мустаҳкамлик чегараси 5,0 МПа гача бўлган гидравлик оҳак ишлаб чиқариш қам қызда тугилган.

Йиғма бетон буюмлари ишлаб чиқаришда гидравлик оҳакдан кам қаватли бинолар ишлатиладиган деворбоп материаллар ишлашда фойдаланилади.

2-§. РОМАНЦЕМЕНТ

Оҳактош ёки магнезиал мергелларнинг эриб, бир-бирига ёпишиб қолмайдиган даражада пишганини майда туйиш натижасида ҳосил бўлган маҳсулот романцемент дейилади. Бундай боғловчи ишлаб чиқариш учун оҳактош ва гилнинг сунъий аралашмасидан фойдаланса ҳам бўлади. Тишлашиш муддатини керагича ўзгартириш учун романцементга 5% гача гипс, шунингдек 15% гача (оғирлиги бўйича) гидравлик қўшилмалар қўшиб туйишга рухсат этилади. Шунда цементнинг сувга чидамлилиги янада ошади (ёки иқтисодий жиҳатдан фойдалироқ бўлади).

Кальций карбонат ва гилнинг табиий аралашмасидан иборат бўлган мергелларда гилдан 25-60% гача бўлиши мумкин. Романцемент ишлаб чиқариш учун эса таркибидаги гил аралашма 25-30% га борадиган мергеллар ишлатган яхши.

Гидравлик оҳак ишлаб чиқариш учун 20% гача гил бўлган оҳактошлар ишлатилишини, ҳосил бўлган маҳсулотнинг гидравлик модули эса 1,7-9 га тенг эканлигини эсласак, у ҳолда романцементнинг гидравлик модули 1,7 дан кам бўлмайди. Дарҳақиқат, у одатда 1,1-1,7 атрофида бўлади. Демак, гил аралашмалар куйдириш вақтида ҳосил бўлган СаОнинг батамом боғлай оладиган миқдорда, ёки СаО ни кальций силикатлари, алюминатлари ва ферритлари ҳолида боғлаш учун керак бўладиганидан ортиқроқ миқдорда бўлади. Гидравлик модуль 1,3 ёки ундан кам бўлганида гил аралашмалар оҳак билан боғланмаган, эркин ҳолича қолади.

Шундай қилиб, гидравлик оҳакдан фарқли ўлароқ романцементда эркин СаО бўлмаслиги керак. Романцементдаги бутун оҳак гидравлик қота оладиган моддалар, яъни кальций силикатлари ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), кальций алюминатлари ($\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ва $5\text{CaO}\cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$) ва кальций ферритлари ($2\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$) ҳолида боғланган.

Эркин кальций оксиди йўқлиги ва таркибида талайгина гидравлик моддалар мавжудлиги жиҳатидан романцемент гидравлик оҳакдан тубдан фарқ қилади: романцемент сўнмайди, лекин ундан ишланган қоришма ва бетонлар анча мустаҳкам ва сувга чидамли бўлади.

Технологик схемаси. Романцемент ишлаб чиқариш учун хом ашё сифатида мергеллердан ташқари оҳактошлар билан гилнинг сунъий аралашмаларидан ҳам фойдаланиш мумкин. Шу билан технологик жараён ҳам тегишлича ўзгаради.

Мергеллардан фойдаланганда романцемент ишлаб чиқариш схемаси кўп жиҳатидан сўндирилмаган туйилган гидравлик оҳак тайёрлаш схемасига ўхшайди.

Шахта печлар ишлатаётганда 40 дан 120 мм гача ўлчамда, айланма печлар ишлатаётганда 15 дан 20 мм гача ўлчамда бир сидра майдалаб олинган мергель куйдирилади. Куйдириш температураси мергель турига боғлиқ. Оҳактош мергель ишлатаётган бўлса, 1100⁰С температурада, магнезиал яъни магний карбонат кўп мергель ишлатаётган бўлса, магнезияни куйдириб юбормаслик учун паст, тахминан 900⁰С температурада куйдирилади; романцементда ўта куйган MgO бўлиши гидравлик оҳакдагига қараганда жуда хавфлидир. Гидравлик оҳак бир сидра сўндириб олиниши туфайли MgO нинг зарарли таъсири (ҳажман нотекис ўзгариши) бирмунча камаяди.

Мергеллердан фойдаланаётганда гил аралашмалар қанчалик текис жойлашгани ва нечоғли дисперслиги катта аҳамиятга эга. Оҳактошда гил йирик аралашмалар ёки майда-майда заррачалар ҳолида бўлиши мумкин. Майда-майда заррачалар ҳолида бўлса, гил оҳактошда текис жойлашади. Гил йирик кесак ҳолида бўлса, романцементнинг сифати пасаяди. У вақтда оҳак билан гил фақат кесаклар юзасидагина ўзаро таъсир этишишади. Шунда, ҳатто гидравлик модули анча паст бўлса ҳам, романцементда талайгина миқдорда эркин оҳак қолиши мумкин. У кейинчалик цемент қотаётганда ҳажман нотекис ўзгаришига сабабчи бўлиши мумкин. Гилнинг бир қисми эса балласт ҳолида қола беради. Шунинг учун ҳам мергель сифатини аниқлаётганда ундаги гил заррачалар йиғиндиси (гидравлик модуль миқдори)нигина эмас, шу билан бирга дисперслик даражасини ҳам ҳисобга олиш керак бўлади.

Мергелни куйдириш учун айланма ва шахта печлардан фойдаланилади. Оҳактош мергеллари куйдирилаётганда хом ашё билан ёқилғи аралаш солинадиган шахта печлар ишлатиш мақсадга мувофиқ бўлади. Магнезиал мергеллар қўлланилаётганда ўтхонаси ташқарига чиқарилган шахта печлардан фойдаланиш керак бўлади. Чунки бундай печларда куйдиришнинг белгиланган режимига аниқ риоя қилиш ва паст температурада куйдириш мумкин бўлади.

Ҳар қандай мергелни кўйдиришда ишлатиш мумкин бўлган айланма печлар, юқорида кўрсатиб ўтилган сабабларга қура, яъни ёқилғи кўп сарф бўлиш, уни қуриш учун катта маблағ талаб қилиниши сабабли, романцемент ишлаб чиқаришда унчалик кўп қўлланмайди.

Романцементни хом ашё билан ёқилғи аралаш солинадиган шахта печларда куйдириш учун шартли ёқилғидан тахминан куйдирилган маҳсулот оғирлигининг 12-14% миқдорида, ўтхонаси ташқарига чиқарилган печларда 14-16%, айланма печларда эса 16-20% ва бундан ортиқ сарфланади.

Куйдирилган мергелни туйишдан олдин маълум вақт (3-5 кун) омборда сақлаб турган маъқул. Шу вақт ичида эркин оҳак ҳаво нами таъсирида қисман сўниши мумкин. Шу билан романцементнинг сифати яхшиланибгина қолмасдан, уни туйиш ҳам осонлашади.

Сўндирилаётган вақтда оҳакнинг ҳажман кенгайиши натижасида куйдирилган мергель бир оз юмшаяди.

Романцементни майдалаш учун шар тегирмон ишлатилади. Гипс ёки гидравлик кўшилмалардан фойдаланаётганда улар куйдирилган мергель билан биргаликда майдаландаи. Шунда бир хил жинсли маҳсулот ҳосил бўлади.

Туйишдан олдин кўшилмалар куритиш барабанларида куритилади: гипс-намлиги 10% гача, гидравлик кўшилмалар-2% гача.

Романцемент икки хил схемада, яъни майдаланган материални эламасдан (очиқ цикл) ва элаб (ёпиқ цикл) туйилади. Элаганда йирик доналари ажралиб чиқади ва қайта туйишга юборилади. Шу билан маҳсулотнинг сифати анча яхшиланади, туювчи агрегатларнинг иш унуми эса ошади; сепараторларда эланади.

Романцемент ишлаб чиқариш учун оҳактош билан гил сунъий аралашмасидан фойдаланаётганда уларнинг хом ашёда текис жойлашиши учун шар тегирмонларда аралашига туйилади.

Хом ашё аралашмаси шахта ёки айланма печларда куйдирилиши мумкин.

Хом ашё билан ёқилғи аралаш солинадиган шахта печларда куйдирилса ҳам бўлади, аммо ёқилғини аралашмада кўмалоқ тайёрлашдан олдин бевосита хом ашё аралашманинг ўзига кўшган яхши. Шунда куйдириш шароитлари яхшиланади.

Айланма печларда ҳам хом ашё аралашма кумалоқ ҳолида куйдирилади. Лекин бирмунча кичик, яъни 20-30 мм гача ўлчамда бўлади. Ёқилғи уларда прессланмайди, балки чанг-ҳаво аралашмаси ҳолича бевосита печга узатила берилади. Куйдирилган маҳсулот шар тегирмонларда гипс ва гидравлик кўшилмалар билан ёки уларсиз туйилади.

Кўриниб турибдики, сунъий йўл билан тузилган аралашмадан романцемент ишлаш технологияси табиий мергеллардан ишлашга қараганда бирмунча мураккаб. Бундан ташқари, худди ана шунча маблағ сарфлаш ва ана шу ускуналарнинг ўзидан фойдаланиш билан нисбатан анча сифатли боғловчи олиш мумкин. Бу усул асосан маҳаллий ёқилғи (ўтин, торф, паст калорияли кўмир ва сланец) дан фойдаланилгани тақдирдагина ўзини оқлайди.

Романцементнинг қотиши, хоссалари ва ишлатилиши. Гидравлик оҳак таркибидаги гидравлик компонентлар қотаётганда қандай жараёнлар рўй берса, романцемент қотаётганида ҳам ана шундай жараёнлар содир бўлади. Романцемент кукуни сув билан қорилганда кальций силикатлари, алюминатлари ва ферритлари гидратланади ва кальций гидросиликатлар, гидроалюминатлар ва гидроферритлар ҳосил қилади. Гидратлар жуда ҳам майда коллоид заррачалар кўринишида ажралиб чиқади ва ёпишқоқ, ёйилувчан масса ҳосил қилади. Улар цемент зарралари орасидаги ишқаланишни камайтиради ва шу билан цемент хамирини пластик

қилади. Маълум вақтдан кейин хамир мустаҳкамлана бошлайди, қуюқлашади, тишлашиш жараёни ривожланади. Коллоид массалар цемент хамир эркин сувни йўқотиши натижасида коагуляцияланиши (зичлашиши) туфайли хамир мустаҳкамланади.

Цемент хамири янада зичлашганидан кейин бутунлай но plastik бўлиб қолади ва берилган шаклни сақлайдиган каттик жисмга айланади. Бироқ ҳали унчалик мустаҳкам бўлмайди (цемент хамирнинг бундай ҳолатига тишлашишнинг охири дейилади). Коллоид массалар янада мустаҳкамланиши ва қисман кристалланиши натижасида цементош метиндек мустаҳкам бўлиб қолади.

Гидравлик қўшилмалар ва гипс бўлса, қўшимча жараёнлар пайдо бўлади. Гипс портландцементда қандай роль ўйнаса, бу ерда ҳам ана шундай роль ўйнайди, яъни у тишлашиш жараёнини секинлаштирувчилик вазифасини ўтайди. Гипс цементнинг асосий компоненти, яъни нисбатан осон эрийдиган кальций алюминатлари билан ўзаро таъсир этишади ва уларни қийин эрийдиган моддаларга айлантиради, натижада тишлашиш жараёни секинлашади.

Гипсдан қанча қўшиш кераклиги романцемент таркибидаги алюминатлар миқдорига боғлиқ: одатда 5% дан ошмайди. Баъзан цемент мустаҳкамлигини ошириш мақсадида гипсдан кўпроқ қўшилади. Кўпи билан қанча қўшиш кераклиги ҳар бир айрим ҳолда лабораторияларда ўтказилган синовларга асосланиб туриб белгиланиши керак.

Гидравлик қўшилмаларга келганда, романцементда маълум миқдорда эркин оҳак бўлгани ёки ана шу эркин оҳак у қотаётган вақтида оз миқдорда ажралиб чиқадиган ҳолларда гидравлик қўшилмаларнинг оҳакнинг қотишидаги роли намоён бўла бошлайди. Гидравлик қўшилманинг кум тупроғи (SiO_2) сувда оҳак билан ўзаро таъсир этишади ва кальций гидросиликатлари ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$) ни ҳосил қилади.

Мустаҳкамлиги. Романцемент секин қотадиган, мустаҳкамлиги нисбатан паст (28 кунлик) маркали боғловчи модда ҳисобланади. Бу унинг таркибидан маълум: асосан секин қотадиган минерал-икки кальций силикатдан иборат (аммо узоқ сақлаган икки кальций силикат анча мустаҳкам бўлиши мумкин). Романцемент аввалига жуда секин қотиши сабабли ундан тайёрланган бетонларни қотишининг дастлабки 5-7 суткасида бевосита сув таъсирига учратиб бўлмайди.

Бироқ қуруқ ҳаво шароитларида қотиш ҳам мустаҳкамлигига ёмон таъсир қилади: сув ҳаддан ташқари кўп буғланса, гидратация жараёнлари секинлашади ёки бутунлай тўхтайдди. Романцементнинг дастлабки даврда (7 кунгача) қотиши учун энг қулай шароит нам ҳаво шароитидир.

Романцементнинг қотиши ва унинг мустаҳкамланиш характерига атрофдаги муҳит температураси ҳам таъсир кўрсатади. Температуранинг ошиши жуда яхши, пасайиши эса салбий роль ўйнайди. 5-10⁰С температурада романцемент амалда қотишдан бутунлай тўхтабди.

Романцемент 1:3 таркибли қаттиқ қоришмадан ишланган ва 28 кунлигида сиқилишдаги мустаҳкамлик чегарасига қараб (стандартга кўра) уч, яъни 25, 50 ва 100-маркага бўлинади. 7 кунлик намуналарнинг сиқилишдаги ва чўзилишдаги мустаҳкамлик чегараси куйидагича бўлиши керак (18-жадвал).

18-жадвал

Романцементнинг механик мустаҳкамлиги

Цемент маркаси	Мустаҳкамлик чегараси, МПа	
	Сиқилишда	Чўзилишда
25	1,0	0,3
50	2,5	0,5
100	5,0	0,8

Майда туйилиши. Романцемент иложи борича майда туйилиш керак, чунки қанчалик майда бўлса, шунчалик мустаҳкам чиқади. Стандартда романцементнинг майдалик даражаси куйидагича белгиланган: 021 номерли элакда кўпи билан 5% ва 009 номерли элакда кўпи билан 25% (оғирлик ҳисобида) қолдиқ қолиши керак. Лекин бу дағал туйиш ҳисобланади. Янада майдароқ, масалан, 009 номерли элакда 10-15% қолдиқ қоладиган қилиб туйилса, цемент маркасини 1,5-2 баравар ошириш мумкин бўлади. Тўғри, бир қатор ҳолларда цементни янада майдалаш иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ бўлмайди.

Тишлашиш муддатлари. Романцемент сув билан қорилганда пайтдан камида 15 мин ўтгандан кейин тишлаша бошлайди, кечи билан 24 соатда бутунлай тишлашиб бўлиши керак.

Романцемент қотаётганида ҳажман қанчалик текис ўзгариши бўйича синаб кўрилиши лозим. Цемент хамирдан стандартга кўра асосан кулча ҳолида ясалган намуналари синалади. Нам ҳаво шароитида 7 кун сақлангандан сўнг намуналар қайнаганида ва сув буғида ҳам ёрилмаслиги зарур.

Романцементнинг ишлатилиши. Романцемент ер усти ва остида зўриқиши кам конструкциялар учун бетон ишлаш ва девор қуриш ҳамда суваш ишларида ишлатилади. Романцементни сув таъсирида ишлайдиган конструкциялар қуришда ҳам ишлатишга рухсат этилади. Аммо бунинг учун ақалли дастлабки 7 кунлигида сув таъсиридан сақлаш керак бўлади.

Романцемент унчалик мустаҳкам бўлмагани учун темир-бетон конструкцияларида ишлатилмайди.

Йиғма қурилишда романцементдан II ва III класс бинолари учун деворбоп бетон тошлар тайёрлашда фойдаланиш мумкин.

Романцемент асосан маҳаллий қурилишларга мўлжалланган. У гидравлик боғловчи моддалар номенклатурасини кенгайтиришга ёрдам беради ва бир қатор бетон конструкциялар ишлаб чиқаришда портландцемент ўрнида ишлатилади.

6-б о б. ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

3- §. Таркиби ва классификацияси

Эриб қовушиб қолгунча куйдирилган клинкерни гипс, баъзи ҳолларда эса махсус қўшимчалар билан биргаликда туйишдан ҳосил бўлган гидравлик боғловчи модда *портландцемент* деб аталади. Куйдириш маҳсулотида кальций силикатлар кўп бўлади (70...80%). Қисман эриш натижасида қовушиб қотиб қолган майда-йирик тош бўлақлар *клинкер* дейилади. Портландцементни клинкер таркибига мос келадиган маҳсулотнинг хом ашё аралашмасини тўла эритиш йўли билан ҳам олиш мумкин.

ГОСТ 26798.0—26798.2-85га кўра портландцемент хоссаларини ўзгартириб туриш, шунингдек, унинг таннархини камайтириш мақсадида клинкерга актив (гидравлик) ва инерт минерал қўшимчалар қўшишга рухсат этилади. Инерт қўшимчалар (оҳақтош, доломит, кварц қум ва бошқалар) миқдори 10% дан, актив (трепел, диатомит, трасс ва бошқалар) қўшимчалар миқдори эса 15% дан ошмаслиги керак. Бироқ гидравлик қўшимчалар 20% ва ундан ортик бўлиши ҳам мумкин. У ҳолда майдаланган маҳсулот нима қўшилганига қараб бошқа, яъни қўшилма сифатида донадор домна шлагги ишлатилса, *шлакпортландцемент* деб, табиий гидравлик қўшилмалар ишлатилса, *пуццолан портландцемент* деб аталади.

Клинкерни туяётганда унга одатда кўпи билан 3% гипс (сульфат кислота ангидридига нисбатан ҳисоблаганда) қўшилади. Бу билан цементнинг тишлашиш муддати узайтирилади. Бу эса унинг хоссаларига яхши таъсир қилади .

Шундай қилиб, портландцемент клинкер, гидравлик (ёки инерт) қўшилма ва гипс аралашмасидан иборат. Бундан ташқари унда оз миқдорда — 1 % гача бошқа моддалар, масалан, цемент сифатини бўзмайдиган, аммо унинг яхшироқ майдаланишига ёрдам берадиган интенсификаторлар (курум, кўмир) ҳам бўлиши мумкин. Замонавий қурилишда портландцемент ва унинг турлари асосий материал бўлиб ҳисобланади, ундан турли бино ва иншоотларни қуриш учун зарур бўлган бетон ва темир-бетон конструкциялар ясалмоқда.

Цемент сифати борган сари яхшиланмоқда, унинг мустаҳкамлик курсатқичлари ортмоқда. Портландцементнинг ўртача маркаси 500 дан (ГОСТ 310—85) ортиб кетди, цемент турлари ҳам кўпаймоқда, бир қатор махсус цементлар чиқарилмоқда.

4- §. Клинкер ва унинг кимёвий ҳамда минералогик таркиби

Шуни назарда тутиш керакки, ҳамма қўшилмалар портландцемент хоссаларини қисман ўзгартиради. Унинг асосий сифат кўрсаткичлари (мустаҳкамлиги, чидамлилиги, мустаҳкамланиш тезлиги) асосан клинкер сифатига боғлиқ. Портландцемент клинкери одатда қовушиб пишган ҳолдаги ўлчамлари 10...20 мм дан 50...60 мм гача майда ва йирик доналар (кесак ёки бўлаклар) кўринишида олинади.

Қовушиб пишган клинкер ўзининг микроструктурасига кўра мураккаб заррачасимон турли кристаллар ва қисман шишасимон маҳсулотлар аралашмасидан иборат. Клинкер сифати асосий оксидлар миқдори (кимёвий таркиби бўйича), минералогик таркиби ва асосий оксидларнинг ўзаро нисбатига қараб баҳоланади.

Кимёвий таркиби. Клинкернинг кимёвий таркиби катта чегарада ўзгариб туради. Портландцемент клинкер ишлаб чиқариш учун хом ашё материаллари сифатида гил ва оҳактош жинслар ишлатилади. Гил жинслар турли моддалар (минераллар) дан ташкил топган. Уларда асосан 3 та оксид бор: SiO_2 , Al_2O_3 ва Fe_2O_3 . Оҳактошлар асосан кальций карбонатдан иборат. Кальций карбонат эса икки оксид- CaO ва CO_2 дан иборат. Клинкер куйдирилганда CO_2 гази ажралади; CaO , SiO_2 , Al_2O_3 ва Fe_2O_3 асосий оксидлар ва асосий клинкер минералларини ҳосил қилади.

Клинкер таркибида бу асосий оксидлар билан бир қаторда цемент сифатига маълум даражада таъсир кўрсатувчи оксидлар ҳам бўлиши мумкин. Булар одатда магний оксид (MgO), ишқорлар (Na_2O ва K_2O), титан икки оксид (TiO_2), фосфор ангидрид (P_2O_5) ва сульфат кислота ангидриди (SO_3) дир. Портландцемент таркибидаги асосий ва қўшимча оксидлар миқдори куйидагича бўлади :

CaO -63...67%; SiO_2 -21...24%; Al_2O_3 -4...8%; Fe_2O_3 -2...4%; MgO -0,5...5%; SO_3 -0,3...1%; Na_2O ва K_2O - 0,4...1%; TiO_2 ва Cr_2O_3 -0,2...0,5%; P_2O_5 -0,1...0,3%.

Клинкернинг кимёвий таркиби ГОСТ 5382—65 да берилган усул билан аниқланади.

1500°C температурада куйдирилган эркин магний оксид сув таъсирида сўниш қобилятини йукотмаса ҳам, у жуда суст сўнади. Унинг сўниш жараёни қотиб қолган цементтошда ҳам давом этиши мумкин. Натижада қоришма ва бетон ёрилади. Бундай хавфли

ҳолнинг (цемент ҳажмининг нотекис ўзгаришининг) олдини олиш учун портландцемент таркибидаги эркин магний оксид миқдори стандарт томонидан чегараланади ва 4,5% дан - ошмаслиги зарур¹.

Портландцементда калий ва натрий оксидлар бўлмаса яхши, чунки улар портландцементнинг тишлашиш муддатига таъсир қилади. Бундан ташқари, ишқорлар бетонда тўлдиргичлар билан (тўлдиргич таркибида аморф кумтупроқ бўлса) ўзаро кимёвий таъсир этишиши мумкин. Натижада қотган бетоннинг дарз кетишига сабабчи бўладиган натрий ва калий силикатлар ҳосил бўлади. Бу реакция атроф-мухит етарлича нам бўлса жуда тез кетади. Шу сабабли гидротехник бетонлар учун цемент ва тўлдиргичлар танланаётганда цементда қанча ишқор борлиги ҳисобга олиниши лозим ва тўлдиргичлар ва аморф кумтупроқ (опал, кремний, сланец ва бошқалар)дан қанча борлиги аниқланади. Бундан ташқари, портландцементда кўп миқдорда ишқорий металл оксидлар бўлса, бетон юзасида шўр доғлар ҳосил бўлиши мумкин.

Стандартга кўра, портландцемент таркибида ишқор исталган миқдорда бўлиши мумкин, аммо гидротехник бетонлар учун 0,6% дан, ер усти конструкцияларини қуришда ишлатиладиган қоришма ва бетонлар учун эса 1% дан ортиқ ишқори бўлган портландцемент ишлатиш тавсия этилмайди. Цементда 4% гача титан икки оксид бўлса, у цемент сифатига ёмон таъсир қилмайди. Аммо TiO_2 жуда кўпайиб кетса, цементнинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари пасаяди.

Фосфор ангидрид 1,5...2% дан ортса, портландцементнинг қотиш жараёни секинлашади (сульфат кислота ангидриди портландцемент техник хоссаларига қандай таъсир қилиши хақида қуйида гапирилади).

Минералогик таркиби. Юқорида кўрсатиб ўтилган тўртта оксид (CaO , SiO_2 , Al_2O_3 ва Fe_2O_3) портландцемент клинкерида бирикиб кальций силикат, кальций алюминат ва кальций алюмоферритларини ҳосил қилади. Цемент клинкерининг шлифи микроскоп орқали кўрилганда у асосан кристалик структурали кальций силикатлардан иборат. Кальций силикатлар оралигида *шишасимон аморф оралиқ моддалар* деб аталувчи *алюминат* ва *алюмоферритлар* жойлашади. Портландцемент хоссалари ана шу минераллар миқдorigа боғлиқ.

Портландцемент клинкерининг асосий минераллари қуйидагилар:

Уч кальций силикат (алит) — $3CaO \cdot SiO_2$ ёки C_3S .

¹ Айрим заводларда ишлаб чиқарилаётган портландцемент таркибида магний оксидининг миқдори 6% гача руҳсат этилади. Аммо бундай портландцемент автоклавада 2,0 МПа буғ босими остида лъотаётган қажмий текис ўзгариши албатта синаб кўрилиши лозим.

Икки кальций силикат (белит) — $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ёки C_2S .

Уч кальций алюминат — $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ёки C_3A .

Тўрт кальций алюмоферрит (целит) — $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ёки C_4AF .

Нормал таркибли портландцемент клинкерида асосий минералларнинг процент миқдори куйидагича бўлиши мумкин:

C_2S — 45...60%; C_2S — 15...37%; C_3A — 7...15%; C_4AF — 10...18%.

Ишлаб чиқариш шароитларида CaO ни юқорида кўрсатиб ўтилган минераллар кўринишида батамом бириктириш қийин. Шунинг учун клинкер таркибида эркин, бирикмаган ҳолда бир оз CaO қолиши мумкин. Клинкерда эркин CaO бўлса, у портландцемент хоссаларига магний оксидга нисбатан хавфлироқ таъсир кўрсатади, яъни у ҳажмий жуда нотекис ўзгаради. Эркин CaO цементтошни бўзиб юбормаслиги учун клинкерни тўйишдан олдин эркин CaO ҳаводаги нам таъсиридан сўниб улгурадиган қилиб маълум вақт омборларда етилтирилади. Шунда клинкер бирмунча юмшайди ва уни тўйиш осонлашади. Ҳозирги вақтда ишлаб чиқаришни автоматлаштириш муносабати билан клинкер етилтириб ўтирилмайди, ишлаб чиқариш анча мукамал ташкил этилади. Портландцементнинг асосий техник хоссалари клинкер таркибида муҳим минераллардан неча процент борлигига боғлиқ. Шунинг учун клинкернинг минералогик таркибига қараб, портландцемент куйидаги турларга бўлинади:

алит портландцемент, ундаги уч кальций силикат 60% дан ортиқ, $\text{C}_3\text{S}:\text{C}_2\text{S}$ нисбат эса 4 дан катта;

белит портландцемент таркибида 37% дан ортиқ икки кальций силикат бор, $\text{C}_3\text{S}:\text{C}_2\text{S}$ нисбат 1 дан кам;

алюминат портландцемент, таркибида уч кальций алюминат 15% дан ортиқ. C_3A миқдорига қараб цементлар оз алюминатли (C_3A дан 5% гача), ўртача алюминатли (5...9% C_3A) ва кўп алюминатли (C_3A 9% дан ортиқ) цементларга бўлинади;

алюмоферрит (целит) портландцемент, таркибидаги тўрт кальций алюмоферрит 18% дан ортиқ.

Клинкер таркибида баъзан бир йўла икки хил минерал миқдори кўп бўлиши мумкин. Бундай портландцемент қўш ном билан аталади: алит-алюминат, алит-белит ёки белит-целит.

Ҳар бир клинкер учун минералогик хоссалар, бетон ишлатиладиган шароитларга қараб тегишли минералогик таркибли цемент танланади.

Алит — портландцементнинг юқори мустаҳкамлиги, тез қотувчанлиги ва бошқа қатор хоссаларини таъминловчи клинкернинг муҳим силикат минералидир. Унинг миқдори клинкер таркибида 45...80%. Ҳозирги кунда уни уч кальций силикатнинг кам миқдордаги MgO , Al_2O_3 ,

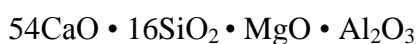
P_2O_5 , Cr_2O_3 ва бошқалар билан каттик эритмаси деб ҳисобланади. C_3S таркибида бу моддаларнинг миқдори кам бўлишига (2...4%) қарамай, улар C_3S нинг структура ва хоссаларига маълум даражада таъсир кўрсатади.

Шундай қилиб, лаборатория шароитида тоза кимёвий компонентлардан тайёрланган уч кальций силикат билан саноат миқёсида ёки лаборатория шароитида табиий хом ашёлардан ҳосил бўлган цемент клинкеридаги алит фарқини албатта билиш керак. C_3S учта полиморф модификацияларда учрайди. Тоза C_3S одатда тириклин формасида кристалланади, қўшимчалар эса уни моноклин, баъзан тириклин структурага (цементларда) ўтказишади.

Алит кристаллар одатда олтиёқлик ёки тўғрибурчаклик шаклда бўлади. Унинг зичлиги $3,15 \text{ г/см}^3$. Тоза C_3S $1200...1250^\circ\text{C}$ дан $1900...2070^\circ\text{C}$ гача температура оралигида барқарор бўлади. Бу температурадан пастда $C_3S—C_2S$ ва CaO га парчланади. 2070°C дан юқорида эса C_3S эрийди. Пастки температура чегараси амалий аҳамиятга эга, чунки клинкер саноат печида совиш зонасига ўтиб совиётганда бир оз вақт $1200...1250^\circ\text{C}$ чегарада туриб қолади, бу эса C_3S нинг парчланишига олиб келади ва демак, клинкер сифатини ёмонлаштиради. Одатдаги температураларда ўта совиш сабабли клинкер парчаланмайди.

Портландцементнинг мустаҳкамлигига ва бошқа хоссаларига клинкердаги алит кристалларининг шакли (ўлчами, клинкер бўйлаб турли ўлчамдаги кристалларнинг тақсимланиши, кристалланиш даражаси ва бошқалар) ҳам анча таъсир кўрсатади. Петрографик таҳлилларнинг кўрсатишича, 600...700 маркадаги портландцементни тайёрлаш учун клинкер таркибидаги турли ўлчамли алит кристалларнинг орасида асосан ўлчами 3...20 мкм йирикликдаги кристаллар кўпроқ бўлиши керак. Бундан ташқари, кристаллар тўғри призматик ёки гексагонал шаклда бўлиши маъқул (Ю.М.Бутт, В.В.Тимашев).

Хом ашё таркибидаги мавжуд ёки махсус хом ашё аралашмасига киритиладиган FeO , MgO , $CaSO_4$, CaF_2 , P_2O_5 , TiO_2 , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 каби қўшилмалар портландцемент мустаҳкамлигига ижобий таъсир этиши аниқланган. Куйдириладиган хом ашё аралашмалари таркибида 0,1...0,5% миқдорда юқорида айтилган қўшилмаларнинг бўлиши алитнинг кристалланишига легирловчи модда сифатида таъсир кўрсатади, бу эса цементларнинг активлигини оширишга имкон тўғдиради. Аммо бу қўшилмаларнинг таъсир қилиш механизми яхши аниқланмаган. М.М.Сичев, Ю.М.Бутт, В.Т.Тимашев тахминича, бундай моддалар цемент клинкерини пиширишда алит кристалларининг жуда қулай структура ва ўлчамларда ҳосил бўлишига имкон бериб, бошқа кам мустаҳкамлик берадиган минералларни ҳосил қилмайди. Портландцемент клинкерида ҳосил бўладиган алит таркибини қуйидаги формула билан ифодалаш мумкин:



Белит—портландцемент клинкерининг иккинчи асосий минералларидан биридир. У алитдан дастлабки кунларда секин қотиши билан фарқланади. Унинг асосий мустаҳкамлиги бир йил атрофида тўпланади. Бу мустаҳкамлик алитнинг мустаҳкамлигига яқин.

Икки кальций силикат, алит сингари кам миқдордаги қўшимчалар (1...3%) билан қаттиқ эритма ҳосил қилиб белитга айланади. Бундай қўшимчаларга Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 ва бошқалар киради. Икки кальций силикатнинг тўртта полиморф формаси борлиги аниқланган: β — C_2S ; α — C_2S ; α^1 — C_2S ; γ — C_2S . Н.А.Торопов фикрича икки кальций силикатнинг яна бешинчи полиморф формаси β^1 — C_2S ҳам бор.

Эриш температураси 2130...1425°C чегарада α — модификация барқарор бўлади, бу температуралардан пастда α^1 —формага ўтади. Саноат клинкерларида α — модификацияни барқарорлаштириш кийин бўлгани учун у кам учрайди, α^1 — C_2S 1425...830°C температурада барқарор. Бундан паст температурада, секин совитиш шароитида тоза α^1 — C_2S тури паст температурада барқарор бўлган γ — C_2S формага ўтади. α^1 — C_2S тез совитилганда 670 °C гача ҳамма температурада барқарор бўлмаган ва γ - C_2S га айланишга мойил бўлган β - C_2S формага ўтади. Аммо бу жараённинг кетишига β - C_2S кристаллик тўрига кам миқдорда (1...3%) кириб қолган қўшимчалар халақит беради. Барқарорлаштирувчи қўшимчалар ролини Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , Na_2O , K_2O ва Cr_2O_3 ҳамда бошқалар бажаради. Шу билан бирга, β - C_2S нинг барқарорлигини оширувчи фактор бўлиб, уни оддий (хона) температурасигача совитиш хизмат қилади.

Шундай қилиб, C_3S ва C_2S оддий температурада термодинамик нуқтаи назаридан барқарор бўлмаган бирикмалардир. Н.А.Торопов, М.М.Сичев ва бошқаларнинг фикрича бу моддаларнинг сув билан реакцияга киришиш активлигига ҳам шу сабаб бўлади.

β - C_2S форманинг γ - C_2S га айланишида умумий ҳажми 10 % га ортади. Шунинг учун материал доналарининг ёрилиши ва кукунга айланиши кўзатилади, γ - C_2S 100 °C гача температура муҳитида деярли сув билан реакцияга киришмайди. Шунинг учун у боғловчилик хусусиятларини намоён қилмайди. Фақат нам иссиқ шароитда ишлов берилганда (автоклавларда) у боғловчилик хусусиятларини намоён қилади. β - C_2S нинг зичлиги 3,28 га тенг, γ - C_2S ники эса 2,97 г/см³.

Белитнинг гидравлик активлиги, алит каби кристалларнинг тузилиши, кристалларнинг ўлчами, зичлиги, ёриқлар ва қўшимчаларнинг структурасига (кириб қолганлигига) боғлиқ. Тождор четли думалоқ зич структурали ўртача ўлчамлари 20...50 мкм бўлган белитли целитлар юқори мустаҳкамликка эга. Кристалларнинг тездан парчаланиши туфайли катта сатҳни ҳосил қилувчи системалар цементларнинг гидравлик активлигини оширади.

Оралик модда. Юқори температура таъсирида эриган ҳолдаги алюминат, алюмоферритлар ва бошқа иккинчи даражали минераллар оралик модда таркибига киради.

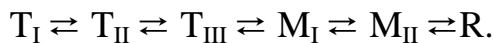
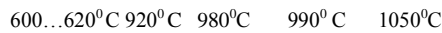
Туйиниш коэффиценти (ТК) юқори бўлмаган ва одатдаги кумтупроқ модулли клинкерларда кальций алюминатларнинг $C_{12}A_7$ (C_5A_3) ва C_3A шакли учрайди. ТК юқори бўлган клинкерларда эса алюмоферритлар билан бирга фақат C_3S ҳосил бўлади. Клинкернинг алюмоферритли қисми ўзгарувчан таркибга эга бўлиб C_2F , $C_{12}A_7$ (C_5A_3) ва эркин CaO дан иборат қаттиқ эритма ҳолида бўлади.

Кальций алюмоферритларнинг қаттиқ эритмасида куйидаги бирикмалар аниқланган: C_8A_3F ; C_6A_2F ; C_4AF ; C_8AF_2 ва C_2F .

Клинкерларда кўп учрайдиган C_4AF модда қаттиқ эритмалардаги қатор бирикмаларнинг оралик моддаси ҳисобланади.

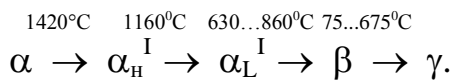
Клинкерларда кам миқдорда кристаллик ва аморф бирикмалар ҳам учрайди, булар MgO , ишқорлар ва бошқа моддалар бўлиб, уларнинг иложи борича бўлмагани маъқул.

$CaO-SiO_2-Al_2O_3-Fe_2O_3$ системасида фаза мувозанатларини текшириш давом этмоқда. Бу системада барча турдаги цемент таркиблари жойлашган, унда янги кимёвий бирикмалар йўқ, лекин маълум минералларнинг температура пасайиши жараёнидаги полиморфизмига доир анчагина янги маълумотлар аниқланди. Уч кальцийли силикат куйидагича полиморф қаторига эга:



Клинкер алити эса $M_I, M_{II} \rightarrow R$ яъни анча қисқа тузилишга эга;

икки кальцийли силикат;



клинкер белити эса - $\alpha \rightarrow \alpha_{LH}^I \rightarrow \beta$.

Соф C_3A ва C_4AF да полиморф модификациялар аниқланмаган. Клинкер минераллари қаттиқ эритмаларини текшириш ишлари кенгайди ва чуқурлашди: барқарор қаттиқ эритмаларнинг



таркиблари тасдиқланди ва кўп сонли элементларнинг эриш чегаралари (аксарияти 0,4...6%) аниқлаштирилди. Ушбу проблемада C_3A-Na_2O куб C_3A (1,9 % га қадар Na_2O) \rightarrow аралаш кристаллар C_3A (куб+орторомбик) (1,9...3,7 % Na_2O) \rightarrow орторомбик C_3A (3,7...4,6% Na_2O) \rightarrow

моноклин $C_3A(4,6...5,7 \% Na_2O \rightarrow NC_8A_3(9\% Na_2O)$ системасида C_3A полиморфизми белгиланганлиги ўзига хос маълумот бўлди.

Қабул қилинган белгилар: T_I, T_{II}, T_{III} — C_3S нинг бир, икки, уч типли триклинли модификацияси; M_I, M_{II} — C_3S нинг биринчи ва иккинчи типли моноклин модификацияси; R — C_3S нинг ромбоэдрик модификацияси; (α_H^I) — C_3S нинг юқори температурали α^I формаси; α_L^I — C_2S нинг паст температурали α^I формаси.

Сўнги вақтларда хом ашё аралашмаларини клинкерга айланишининг умумий кимёвий жараёнида қатъий равишда паст температурали (эритмалар ҳосил бўлишига қадар) ва юқори температурали (эритмалар ҳосил бўлгандан сўнг) босқичлар ажратилмоқда, чунки минерал ҳосил бўлиш жараёнлари ушбу босқичларда турлича ўтади.

Паст температурали пишириш босқичида ($1300^\circ C$ гача) хом ашёдаги барча дастлабки таркибий қисмлар парчаланаяди, шу жараёнларнинг кечишида кристаллар бузилиб, минераллар «аморф»ланади. Кўпчилик гил минераллар «аморф холати»нинг температураси $300...800^\circ C$ га тенг.

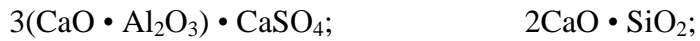
Портландцемент хом ашё аралашмаларининг реакцияга киришиш қобилятининг энг муҳим параметри қумтупроқли таркибий қисмнинг (кварцнинг) дисперслигидир. И.В.Кравченко маълумотларига кўра, SiO_2 устунлик қилувчи улуши $d < 15$ мкм шихта фракциясида бўлиши керак. Шихтанинг умумий солиштирма сатҳи тахминан $3000...4000 \text{ см}^2/\text{г}$ га тенг бўлганда гил ва оҳак-тош зарралари солиштирма сатҳларининг оптимал нисбати $1,4...1,6$ бўлади.

Реакцияга мойил $CaCO_3$ да ва унинг доналарида CA, CS ва бошқалардан иборат қобиклар ҳосил бўлиши мумкин, бу эса CO_2 нинг ажралиб чиқишига ва тузнинг парчаланишига мойиллик қилади. Фақат қобик қайта кристаллангандан кейингина жараённинг кечиши яна тезлашади, яъни $CaCO_3$ нинг парчаланиши икки босқичда бўлиши ва у жараённинг кечишига ижобий таъсир қилиши мумкин, чунки у CaO нинг қайта кристалланишига тусқинлик қилади, бу ҳолда активлиги кам бўлган $CaCO_3$ нинг бир босқичда диссоциацияланиши кўзатилади. Куйдирилаётган аралашмада дастлабки эритма $580...680^\circ C$ температурада ҳосил бўлади ва қаттиқ фазали реакцияларнинг кечишини тезлаштиради. Бунда айрим минераллар ҳосил бўлиши икки босқичда ўтиши мумкин (М.Т.Власова, Н.В.Васильева, С.Хроми ва бошқаларнинг фикрича).

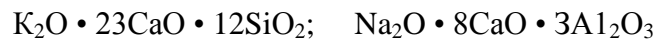
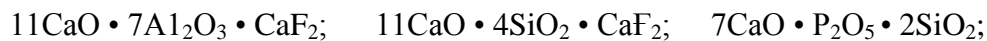
Масалан, йирик дисперсли шихталарда белит икки босқичда ҳосил бўлади: биринчиси $1115...1125^\circ C$ температурада кўзатилиб, бунда SiO_2 доналарида C_2S дан иборат қобик ҳосил бўлади; иккинчиси $1150...1165^\circ C$ температурада руй беради, бунда ана шу қобиклар бузилиб

C_2S нинг янги кристаллари ҳосил бўлади. Белит кристаллари тўпланган зоналарда оралик эритмаларнинг икки тури: C_2S дан иборат қобик билан SiO_2 доналари ўртасида (нордон эритма) ҳамда CaO ва C_2S доналари туташган ерда (асосий, яъни ишқорий эритма) ҳосил бўлади.

Аралашмалар иштирокида паст температурали босқичда куйидаги оралик бирикмалар ҳосил бўлади:



Бир қанча хромато-хромитлар ва кальций фосфатлар, шунингдек $CaCO_3$ нинг ишқор сульфатлари билан контактларида иккиламчи тузлар ҳосил бўлади. Оралик бирикмалардан ташқари, паст температураларда барқарор бирикмалар ҳам ҳосил бўлади, улар кейинчалик клинкер таркибида қолади, яъни:



Таркиби мураккаб бўлган оралик бирикмаларнинг ҳосил бўлиши $CaCO_3$ ва SiO_2 нинг ўзаро таъсирлашиш температурасини $38 \dots 80^\circ C$ га пасайтириб юборади.

Юқори температурали босқичда ($1300^\circ C$ дан юқори) нордон ва асосий ишқорий эритмалар қўшилиб кетади, бироқ клинкер доналарининг қизиқ зич ёпишган айрим қисмларида таркиби бўйича фаркланадиган эритма томчилари мавжуд бўлиши эхтимол (кинетик микроликвация). C_2S ва CaO дан иборат қобиклар оралиғидаги эритмада Ca^{2+} ионларининг асосан $[SiO_4]$ ионларига диффузияланиши йўли билан C_3S кристаллари ҳосил бўла бошлайди. Агар C_3S кристаллар ўсган зонага Ca^{2+} кира олмаса, бунда нордон эритма C_3S кристалларини C_2S ва CaO га қадар парчалаб емириши мумкин (бу жараён баъзан айланма печларнинг қовушиб пишиш зонасидаги клинкерда кўзатилади). Клинкер зоналарида $1450^\circ C$ температурада ҳосил бўлган эритма куйидагича хоссаларга эга: қовушоқлиги $0,1 \dots 0,3$ Па•с, сирт таранглиги $350 \dots 480 \cdot 10^{-3}$ Н/м. У ҳолда кальций ионларининг диффузия коэффициенти $DCa^{2+} - (5,3 \dots 8,6) \cdot 10^{-5}$, темирники $DFe^{2+} - (5,7 \dots 14,2) \cdot 10^{-6}$, алюминийники $DA1^{3+} - (2,3 \dots 7,1) \cdot 10^{-6}$ ва кремнийники $DSi^{4+} - (4,7 \dots 15,8) \cdot 10^{-7}$ см²/с.

Кўрсатиб ўтилган микдорларнинг ўзгариб туришига Na, K, Sr, P, F аралашмалари сабабчидир. CaO доналарининг $1450^\circ C$ температурадаги эритмада эриш тезлиги $(16 \dots 8) \cdot 10^{-6}$; C_2S доналарининг эриш тезлига эса $(2 \dots 3) \cdot 10^{-6}$ см/с, яъни CaO нинг эриш тезлиги C_2S нинг эриш тезлигидан 3...4 марта кўп. Бироқ жараёнда эритмани микроликвацияга олиб келувчи

кўплаб Na ва K иштирок этса, C_2S нинг эриш тезлиги кескин ортади, ҳатто C_2S нинг эриш тезлигидан, бир неча марта ўзиб кетиши мумкин.

Оз миқдорда фосфор, хром ва олтингугурт (0,1...0,3%) ҳамда барий, фтор, хлор, марганецнинг анчагина миқдори (1%дан ортиқроқ) муайян шароитларда клинкер ҳосил бўлиш жараёнига яхши таъсир кўрсатади. Клинкер минераллари кристалларнинг нуқсонлари кўпроқ: тузилманинг блокчилиги — 0,1...0,5 мкм, дислокациялар зичлиги $(0,5...5) \times (10^8...10^9) \text{ см}^2$. Бунда алит кристаллари майдароқ блоклардан ташкил топади ва нуқсонлари ҳам кўп бўлади. Аралашмалар иштироқида (қаттиқ эритмаларда) кристалларнинг нуқсонлари ортади.

Совиш жараёнида C_3S , C_3A , C_2S парчаланиши мумкин, парчаланишнинг қандай кечиши бир қанча факторларга боғлиқ: совиш тезлиги, аралашмаларнинг тури ва миқдори, газ атмосферасининг хусусияти ва бошқалар. Эритма шиша сифатида қотаётганда ҳажман кичраяди. Mg, F, Sr иштироқида эса кристалланиш жараёнининг кечиши туфайли турли температура интервалларида белги ўзгартирувчи деформация кўзатилади ($1350...1100^\circ \text{C}$ температурада ҳажм кичраяди, $1100...900^\circ \text{C}$ температурада ҳажм кенгаяди). C_3S , C_3A ва C_4AF минералларининг $25...600^\circ \text{C}$ температурада чизиқли термик кенгайиш коэффициенти $(10...13) \cdot 10^{-6}$. C_2S термик кенгайишининг чизиқли коэффициенти $19,5 \cdot 10^{-6}$ град. га тенг, яъни C_2S нинг термик кенгайиш коэффициенти бошқа минерал кристалларникига нисбатан тахминан икки марта катта, бинобарин, бу ҳол клинкер доналарида физик кучланишларга сабаб бўлиши мумкин.

Айланма печларда газ атмосферасининг қайтарилиш характери туфайли клинкерни куйдириш жараёни осонлашади.

5-§. Клинкер характеристикаси.

Цемент клинкери сифати куйидагилар билан ифодаланиши мумкин:

1. Алоҳида оксидларнинг миқдори (кимёвий таркиби).
2. Асосий оксидлар миқдорининг нисбатини ифодаловчи модуллар қиймати.
3. Асосий минералларнинг миқдори. Клинкернинг энг муҳим характеристикаси

алоҳида оксидларнинг ўзаро нисбати ва клинкер минералларининг миқдори билан берилади.

Демак, портландцемент сифатини ҳар қайси клинкер минералининг процент миқдорига қараб аниқлаш мумкин. Клинкер минералогик таркибини аниқлашнинг икки усули бор: бевосита петрографик ёки рентгенографик таҳлил усули ёхуд бевосита ҳисоблаб аниқлаш усули. Клинкер минералогик таркиби заводларда кўпинча ҳисоблаб аниқланади (асосий

оксидларнинг процент нисбати орқали). Муҳим оксидларнинг процент нисбати икки хил модуль (силикат ва кумтупроқ) ҳамда тўйиниш коэффициенти билан ифодаланади. Бу модуллар ва коэффициент миқдори ҳам ашё аралашмаси учун ҳам, клинкер учун ҳам амалда бир хил бўлади. Бу эса муҳим амалий аҳамиятга эга, чунки ҳам ашёнинг кимёвий таркибини тегишлича танлаш билан клинкер минералогик таркибини ўзгартириб туриш мумкин.

Силикат модуль. Силикат модуль (n) кумтупроқ модуль деб ҳам аталади. Бу модуль реакцияга киришган кремний икки оксид миқдорининг алюминий ва темир оксидлари миқдорига нисбатини кўрсатади.

$$n = \frac{\% SiO_2}{\% Al_2O_3 + \% Fe_2O_3}$$

Аввал клинкер таркибини ифодалаш учун фақат гидравлик (бошқача асосли) модулдан фойдаланишган. Бу модуль бириккан кальций оксид миқдорини кислота оксидлар миқдорига нисбатини ифодалайди.

$$BM = \frac{CaO_{умум} - CaO_{эркин}}{SiO_2_{умум} - SiO_2_{эркин} - Al_2O_3 - Fe_2O_3}$$

Замонавий цемент клинкерларининг бош модули БМ-1,7...2,4. Бироқ гидравлик модуль клинкер сифатини характерлаш учун етарли эмас эди. Шунинг учун яна иккита модуль: силикат (кумтупроқ) ва гил-тупроқ (алюминат) лар киритилди.

Силикат модуль (n) бошқа оксидлар билан реакцияга киришган кремний оксид миқдорини ва клинкер таркибидаги алюминий ва темир оксидлар йиғиндиларга нисбатини кўрсатади.

Ҳом ашё аралашмаси таркибидаги кремний икки оксид оҳак билан ҳамма вақт C_3S ва C_2S ҳолида бирикавермаслиги туфайли бириккан кумтупроқ миқдори кремний икки оксидининг умумий миқдори SiO_2 умумий ва эркин ҳолда қолган SiO_2 эркин миқдори айирмаси билан ифодаланиши мумкин. Шунинг учун силикат модуль қуйидагича ёзилади:

$$n = \frac{\% SiO_2_{умум} - SiO_2_{эркин}}{\% Al_2O_3 - \% Fe_2O_3}$$

n цементдаги силикат минераллари билан эрувчан минераллар (клинкернинг алюмоферрит, алюминат қисмлари) ўртасидаги нисбатни аниқлайди.

Оддий портландцементлар учун силикат модуль қиймати 1,7...3,5; сульфатга чидамли портландцемент учун эса 1,7...4.

Гил-тупроқ (алюминат) модуль р алюминий оксид миқдорининг темир оксид миқдорига нисбатини ифодалайди:

$$\rho = \frac{\% Al_2O_3}{\% Fe_2O_3}$$

ρ клинкердаги уч кальций алюминатнинг темир оксид бор бирикмаларга нисбатини ифодалайди.

Гил тупроқ модуль қиймати оддий портландцементлар учун 1...3. Силикат модуль катта қийматга эга бўлганда ҳам хом ашё аралашмасини қовуштириб пишириш қийинлашади. Ҳосил бўлган цемент секин тишлашади ва секин қотади, бироқ кейинчалик унинг мустаҳкамлиги юқори бўлади. Алюминат модули кичик қийматга эга бўлганда портландцементлар минералашган тузлар таъсирига чидамли бўлади.

ρ катта қийматга эга бўлганда эса цементлар тез тишлашади ва қотади, аммо охириги мустаҳкамлик кўрсатгичи паст бўлади.

Силикат модуль катта бўлса, клинкерда C_3A ва C_4AF кам, аммо C_3S ва C_2S кўп, гил-тупроқ модуль катта бўлса, клинкерда C_3A жуда кўп, бироқ C_4AF кам бўлади.

Тўйиниш коэффициенти (ТК). Рус олимлари В.А.Кинд ва В.Н.Юнг томонидан аниқланган тўйиниш коэффициенти портландцемент клинкер менералогик таркибининг энг муҳим характеристикасидир. Клинкер минераллар орасида уч кальций силикат энг муҳим минерал ҳисобланади, портландцемент хоссалари кўп жиҳатдан ана шу силикатнинг процент миқдорига боғлиқ. Шу билан бирга, клинкер таркибидан уч кальций силикат олиш технологик жиҳатдан жуда мураккаб. Қолган уч тур силикат осонгина ҳосил бўлади.

Шу нарса маълумки, оҳак керагидан кўп бўлса C_2S , C_3A ва C_4AF нинг ҳосил бўлиш жараёни (шунингдек, CaO билан SO_2 ўзаро таъсир этиши туфайли $CaSO_4$ нинг ҳам) уч кальций силикат фақат анча юқори ($1300^\circ C$ дан кўп) температурада ва куйдирилаётган аралашмада суюқ фаза бўлгандагина икки кальций силикатнинг оҳак билан тўйиниши ҳисобига ҳосил бўлади.

Шундай қилиб портландцемент клинкер ишлаб чиқаришда $2CaO \cdot SiO_2$ ни $3CaO \cdot SiO_2$ га айлантириш ва клинкерда керакли миқдорда $3CaO \cdot SiO_2$ ҳосил қилиш керак. Аммо клинкерда эркин оҳак қолмаслиги керак, яъни CaO дан C_3S , C_3A ва C_4AF ҳосил қилиш учун улар керакли миқдорда бўлиши лозим. Бу вазифа қанчалик аниқ бажарилаётгани тўйиниш коэффицентининг (ТК) қийматидан аниқланади.

Унда ютилган (алюминий оксиднинг уч кальций алюминатга, темир оксиднинг бир кальций ферритга¹ ва сульфат кислота ангидридининг кальций сульфатга айлангунча

¹ Бу ерда тўрт кальций алюмоферрит ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$) икки модда, яъни уч кальций алюминат ($3CaO \cdot Al_2O_3$) ва бир кальций феррит ($CaO \cdot Fe_2O_3$) йиғиндиси сифатида олиниши мумкин.

тўйинишидан ортган оҳак) оҳак миқдорининг кумтупроқ уч кальций силикатгача оҳакка тўйиниши учун зарур бўлган оҳак миқдорига нисбати берилади.

Клинкер минералари таркибига кирувчи оксидларнинг молекуляр оғирликларига қараб кумтупроқ $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ гача, гил-тупроқ $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ гача, темир оксид $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ гача ва сульфат кислота ангидриди CaSO_4 гача тўла тўйиниши учун талаб қилинадиган CaO миқдорини ҳисоблаш мумкин (CaSO_4 иккита, яъни CaO ва SO_3 оксидларидан иборат деб олинади).

Уч кальций силикатда кальций оксиднинг оғирлиги бўйича кремний оксидга нисбати $\frac{3\text{CaO}}{\text{SiO}_2} = \frac{168}{60} = 2,8$ га тенг. Демак, $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ҳосил бўлаётганда SiO_2 нинг ҳар бир оғирлик қисми 2,8 оғирлик қисм CaO ютади.

Худди шундай йул билан Al_2O_3 нинг бир оғирлик қисми ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ҳосил бўлаётганда) 1,65 оғирлик қисм CaO ни ($\frac{3\text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{168}{102} = 1,65$), бир оғирлик қисми Fe_2O_3 эса

($\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ҳосил бўлаётганга) 0,35 оғирлик қисм CaO ни ($\frac{\text{CaO}}{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{56}{100} = 0,35$), бир

оғирлик қисм SO_3 (CaSO_4 ҳосил бўлаётганда) 0,7 оғирлик қисм CaO ($\frac{\text{CaO}}{\text{SO}_3} = \frac{56}{80} = 0,7$) ютишни

аниқлаш мумкин.

Клинкер минералларидаги оҳак ва кислота оксидларининг оғирлик нисбатлари маълум бўлса, қанча CaO кераклигини кислота оксидлари орқали ифодалаш мумкин. C_2S^1 ҳосил бўлиши учун 2,8 SiO_2 ва C_3A га 1,65 Al_2O_3 ; CF га 0,35 Fe_2O_3 ва CaSO_4 га 0,7 SO_3 талаб қилинади. Бу маълумотлардан фойдаланиб тўйиниш коэффициенти формуласи қуйидагича ёзиш мумкин:

$$TK = \frac{(\text{CaO}_{\text{умум}} - \text{CaO}_{\text{эркин}}) - (1,65\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,35\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,7\text{SO}_3)}{2,8(\text{SiO}_2_{\text{умум}} - \text{SiO}_2_{\text{эркин}})}$$

Бу формуладан суратдаги Al_2O_3 , Fe_2O_3 ва SO_3 лар C_3A ; CF ва CaSO_4 гача тўйингандан кейин қолган оҳак миқдорини, махражи эса кумтупроқнинг C_3S гача тўйиниши учун зарур бўлган оҳак миқдорини ифодалайди. Сурат билан махраж тенг бўлса, тўйиниш коэффициенти 1 бўлади. Бундай клинкер таркибида икки кальций силикат бўлмайди. Қумтупроқнинг C_3S гача тўла тўйинишини қийинлаштирадиган бир қатор технологик факторлар туфайли қиймати 1 га тенг бўлган тўйиниш коэффициенти эришиш амалда жуда қийин. Шунинг учун тўйиниш коэффициенти одатда 1 дан кичик бўлади. Оддий портландцемент учун $TK=0,80\dots 0,95$. Демак,

бундай портландцемент таркибида C_3S дан ташқари икки кальций силикат ҳам бор. Туйиниш коэффициентлари қанчалик кичик бўлса, клинкерда C_2S шунча кўп, C_3S эса кам бўлади.

Шундай қилиб, туйиниш коэффициентлари қийматлари ва икки модулга қараб портландцемент клинкерининг сифати ҳақида фикр юритиш мумкин.

Портландцемент клинкери минералогик таркибини аниқлаш. Клинкернинг минералогик таркиби кимёвий анализ маълумотлари ва туйиниш коэффициентлари қиймати бўйича ҳисоблаб аниқланади.

Кальций силикатлар C_3S ва C_2S миқдорини ҳисоблашда силикатлар *асослилик даражаси* (АД) деган тушунчадан фойдаланилади. АД деганда бир молекула SiO_2 га тўғри келадиган CaO молекулалар сони тушунилади. Масалан, C_2S нинг асослилик даражаси 2 га, C_3S нинг асослилик даражаси эса 3 га тенг. Клинкердаги силикатларнинг асослилик даражаси 3 га тенг бўлса, у ҳолда ҳамма кремний икки оксид оҳак билан уч кальций силикат ҳолида, АД 2 га тенг бўлса, икки кальций силикат ҳолида боғланган бўлади. АД нинг оралиқ қийматлари клинкерда C_3S дан ташқари C_2S ҳам борлигини кўрсатади. Модомики, туйиниш коэффициенти 1 га тенг бўлганда ҳамма кремний икки оксид оҳак билан C_3S ҳолида боғланган. ТК 1 дан кичик бўлса, клинкерда C_2S бор бўлади, ҳар қайси портландцемент клинкери учун силикатлар асослилик даражасини қуйидагича белгилаш мумкин:

$$АД = 3ТК$$

Клинкердаги уч кальций силикатнинг процент миқдори кум-тупроқ процент миқдorigа қараб аниқланади. Чунки юқорида айтилганидек, уч кальций силикатда ҳар 1% SiO_2 га 2,8% CaO тўғри келади. Улар ўзаро таъсирлашиб 3,8% C_3S ҳосил бўлади. У вақтда клинкердаги C_3S нинг миқдорини қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$\%C_3S = 3,8 \cdot SiO_2(AD - 2)$$

ёки

$$\% C_3S = 3,8SiO_2(3TK - 2).$$

Формуладан кўриниб турибдики, айирма $(3TK - 2)$ 1 га тенг бўлса $(AD = 3)$, клинкернинг ҳамма кумтупроғи C_3S ҳолида бириккан бўлади.

C_2S нинг миқдорини аниқлаш учун формула қуйидаги кўринишга келтирилади:

$$\%C_2S = 2,87 \cdot SiO_2(3 - AD)$$

ёки

$$\% C_2S = 2,87SiO_2(3 - 3TK).$$

Чунки икки кальций силикатда ҳар 1% SiO_2 га 1,87% CaO тўғри келади. Улар ўзаро таъсирлашиб 2,87 % C_2S ҳосил қилади.

Иккинчи формула AD-3 (TK-1) бўлганда клинкердаги C_2S миқдори нолга тенглигини кўрсатади.

Клинкердаги гилтупроқ (Al_2O_3) C_3A ва C_4AF ҳолида боғланган бўлади. C_4AF ҳолда бириккан гилтупроқнинг процент миқдори ҳар 1% Fe_2O_3 нинг 0,64% Al_2O_3 ни бириктиришига қараб аниқланиши мумкин:

$$\rho = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} = \frac{102}{160} = 0,64$$

Клинкердаги қолган гилтупроқ C_3A ни ҳосил қилади. 1% ортиб қолган Al_2O_3 эса 1,65% CaO билан ўзаро таъсир этиб, 2,65% C_3A ни беради. Бу шароитда уч кальций алюминат миқдори куйидаги формуладан аниқланади:

$$\%C_3A = 2,65 (\%Al_2O_3 - 0,64Fe_2O_3)$$

Қавс ичидаги айирма C_4AF ҳосил бўлаётганда Fe_2O_3 ютган гилтупроқ миқдорини ифодалайди.

Турт кальций алюмоферрит илгари қабул қилинган шартга кўра икки модда, яъни C_3A ва CF дан иборат деб қаралади. Ҳар 1% CaO 0,35% Fe_2O_3 билан ўзаро таъсир этиб, 1,35% CF ҳосил қилиши ҳисобга олинса, C_4AF нинг миқдори куйидаги формуладан аниқланади:

$$\%C_4AF = 2,65 \cdot 0,64Fe_2O_3 - 1,35Fe_2O_3$$

$2,65 \cdot 0,64 \cdot Fe_2O_3$ кўпайтма C_4AF нинг таркибида C_3A ҳолида бириккан гилтупроқ миқдорини кўрсатади.

1% Fe_2O_3 нинг 3,04% C_4AF ҳосил қилиши ҳам аниқланган. У вақтда C_4AF процент миқдори оддийроқ формула бўйича ҳисобланиши мумкин:

$$\%C_4AF = 3,04 \cdot Fe_2O_3$$

Келтирилган формулалардан фойдаланиб, клинкернинг минералогик таркибини кимёвий анализ маълумотлари бўйича аниқлаш мумкин. Формуладаги SiO_2 ва CaO нинг процент миқдори уларнинг бириккан ҳолдаги миқдорига тенг. Бу миқдор шу оксидларнинг клинкердаги умумий миқдори билан эркин ҳолдаги миқдори айирмаси тариқасида аниқланади.

6- §. Клинкерлар классификацияси ва портландцемент турлари

С.Д.Оқороқов клинкерлардаги асосий минераллар йиғиндисини $C_3S+C_2S=75\%$; $C_3A+C_4AF=25\%$ деб қабул қилиб, клинкерларнинг куйидаги классификациясини таклиф қилди (19-жадвал).

Агар клинкер бирданига кўп миқдорда силикатли минераллар ёки эрувчан минераллар йиғиндисидан иборат бўлса, улар мисол учун алит-алюминатли, белит-алюминатли ва ҳоказо деб аталади ёки клинкер минералогик таркибини ўзгартириб ва улар асосида турли қўшилмалар билан цемент тайёрланса, турли қурилиш хоссаларига эга бўлган гидравлик боғловчи моддаларни тайёрлаш мумкин.

19-жадвал

Клинкер	Тахминий миқдор, %			
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
Алитли	60 кўпи билан	15 камида	-	-
Нормал (алит миқдорига кўра)	60...37,5	15...37,5	-	-
Белитли	37,5 камида	37,5 кўпи билан		
Алюминатли	-	-	15 кўпи билан	10 камида
Нормал (алюминатли миқдорига кўра)	-	-	15...7	10...18
Целитли	-	-	7 камида	18 кўпи билан

Ҳозирги кунда портландцементнинг куйидаги асосий турлари ишлаб чиқарилмоқда:

1. Таркибида 30...70% донадор домна тошқоли бўлган портландцемент.
2. Таркибида 20...45% пуццолан қўшилмаси бўлган пуццолан портландцемент.
3. Тез қотувчан портландцемент.
4. Пластик ва гидрофоб портландцемент.
5. Таркибида кўпи билан 50% C_3S ва 5% C_3A бўлган сульфатга чидамли портландцемент.
6. Ўртача экзотермияли портландцемент.
7. Оқ ва рангли портландцементлар.

7- §. Хом ашё материаллари ва ёқилғи

Портландцемент клинкери ишлаб чиқаришда хом ашё сифатида таркибида кальций карбонат кўп бўлган карбонат жинслар ва таркибида кремний оксид, алюминий оксид ҳамда темир оксид бўлган гиллар, шунингдек, гил ва кальций карбонатнинг табиий аралашмалари (мергеллар) ишлатилади. Кейинги йилларда портландцемент ишлаб чиқаришда гилни бутунлай ишлатмаслик ёки қисман ишлатиш мақсадида, нордон ва асосан домна шлаклари, нефелин чиқиндиларидан фойдаланилмоқда. Шунингдек, гипс ёки ангидридни гил билан аралаштириб, портландцемент, сульфоцемент ва SO_2 гази олишнинг комплекс технологияси ишлаб чиқилган. Бу технология сульфат кислота кам ишлаб чиқариладиган мамлакатларда йўлга қўйилган.

Нефелин шлами чиқинди сифатида алюминий оксид ишлаб чиқарувчи саноатда ҳосил бўлади. Унинг таркибида 25...30% SiO_2 ; 2...5% Al_2O_3 ; 3...5% Fe_2O_3 ; 50...58% CaO ва 3...8% бошқа оксидлар, чунончи 1,5...3% ишқорлар бор. Таркибида шунча CaO бўлган материалга 15...20% оҳактош қўшиб, портландцемент ишлаб чиқариш учун хом ашё аралашмасини тайёрлаш мумкин.

Нефелин шлами ишлатиш печлар унумдорлигини 20...30% га оширади ва ёқилғи сарфини 25% га камайтиради.

40...50% гача таркибида кальций оксиди бўлган домна шлаклари ҳам портландцемент ишлаб чиқариш учун қимматли хомашё ҳисобланади. Ҳозирча улар кўп миқдорда ишлатилмайди, лекин улар асосида йирик портландцемент ишлаб чиқариш корхоналарини ташкил қилиш мумкин.

Гил сувда осонгина ивиб, бўшашиб кетадиган майда дисперс иккиламчи тоғ жинсларидан иборат. Улар битта коннинг ўзида минералогик ва гранулометрик (донадорлик) таркиби жihatдан жуда хилма-хил бўлиши билан фарқ қилади. Кўпинча гил таркибида кўп миқдорда тоғ жинслари, уларнинг синиқ парчалари — шағал, қум ва тош ҳолидаги дағал қўшилмалар бўлади. Шунинг учун уларни олдиндан яхшилаб саралаб олиш зарур.

Гилнинг минералогик таркиби-асосан сув, алюмосиликатлар ва кварцдан иборат. Гилларнинг кимёвий таркибида асосан учта оксид бор: кремний оксид (60-80%), алюминий оксид (5...20%) ва темир оксид (3...15%). Гилда оз миқдорда карбонат тузлари ҳолида кальций ва магний оксидлари учраши мумкин. Лекин гилларнинг баъзи турларида кальций оксид 25% гача, магний эса 3% гача бўлади (буларга сланец, лесслар мисол бўлади).

«Лёсс» сўзи халқаро термин бўлиб, тузилиши жihatдан физик, механик, минералогик ва кимёвий таркибга эга. У ер юзининг маълум районларида вужудга келган, тўртламчи даврда пайдо бўлган тоғ жинсидир.

Геологларнинг текширишича, лёсс деб аталувчи тоғ жинслари планетамизда кенг тарқалган бўлиб, улар Европа, Осиё ва Америка қитъаларида кўплаб учрайди. Лёсслар ўзига хос тоғ жинси ҳисобланиб, кимёвий ва физикавий хоссалари билан бошқа жинслардан фарқланиб туради (20-жадвал).

Гиллар таркибида SO_3 , Na_2O , ва K_2O каби эрувчан тузлар ҳам учрайди. Бу эса мақсадга мувофиқ эмас, клинкер ишлаб чиқариш учун фойдаланиладиган гилларда бу тузларнинг миқдори иложи борича кам бўлиши керак.

Кальций карбонат жинслар табиатда оҳактош, бўр, оҳактош-чиғаноқ ва мрамар холида учирайди. Карбонат жинсларининг мрамардан бошқа ҳамма турлари портландцемент ишлаб чиқаришда ишлатилади. Гиллар сингари оҳактош ва бўрнинг ҳам, чўкинди жинс бўлгани учун, кимёвий таркиби ва физик хоссалари жуда хилма-хилдир.

20-жадвал

(М. Закиров, Ҳ. Ҳасанова маълумотлари)

Аниқлаш усуллари	Миқдори					
	Лёсс жинсларининг районлар бўйича тарқалиши					
	Тошкент	Самарқанд	Тошкент олди	Ангрен	Қарши	Мирзачўл
1. Гранулометрик таркибли фракциялар (% ҳисобида)						
Кум						
Чанг	14,00	8,31	11,06	9,00	11,40	8,2
Гил	73,0	79,82	49,12	79,00	74,00	80,2
	13,00	11,97	8,76	8,00	14,60	7,1
2. Минерал таркибли (% ҳисобида солиштира оғирлиги 2750 кг/м ³ бўлганда)						
Енгил фракция						
Шу жумладан кварц	87,00	88,61	93,74	95,70	98,00	94,26
Дала шпати	43,00	39,43	32,28	35,23	41,50	31,22
Гил минераллари	22,00	25,96	22,58	37,53	30,70	24,64
	22,00	23,22	28,88	22,94	15,80	29,38
3. Сувда эрувчан тузлар миқдори, мг/экв ҳисобида						
HCO_3	35,80	17,90	3,20	10,20	0,50	40,00
Cl	8,0	1,90	5,93	4,19	4,20	-
SO_4	11,00	30,20	44,31	35,80	11,39	10,00
4. Кимёвий таркибий миқдори (% ҳисоби-						

да)							
	SiO ₂	33,20	52,60	59,27	49,00	57,01	56,00
	Al ₂ O ₃	11,40	10,94	15,00	14,00	14,37	13,31
	CaO	13,60	11,79	11,00	10,00	9,81	5,51
	CO ₂	8,80	9,32	9,50	5,20	4,90	3,20
	Fe ₂ O ₃	2,70	3,24	3,20	2,30	3,1	1,75
	MgO	0,55	3,19	4,10	5,00	4,8	8,00
5.	Карбонат тузларнинг микдори (% ҳисобида)	28,50	20,70	26,20	22,30	21,00	26,80
6.	Гумус микдори (% ҳисобида)	-	0,23	0,28	0,33	0,83	0,30
7.	Намлиги (% ҳисобида)	10,51	6,30	8,61	8,40	6,00	18,45
	Ҳажимий масса, кг/м ³	1770	1420	1340	1470	1380	1550
8.	Ғоваклиги (% ҳисобида)	38,00	49,20	51,20	47,00	51,40	44,00

Кимёвий соф кальций карбонат таркибида 56% CaO ва 44% CO₂ бўлади. Бирок, табиатда фақат кальций карбонатдан иборат соф оҳактошлар кам учрайди. Портландцемент ишлаб чиқаришда ишлатиладиган оҳактошлар таркибида CaO дан ташқари қумтупроқ (8% гача), гилтупроқ (2% гача), темир оксидлар (1% гача), магний оксид (2% гача) ва SO₃ (1% гача) бўлиши мумкин.

Кальций карбонат жинсларнинг зичлиги ва мустаҳкамлиги кескин ўзгариб туради, яъни табиатда кристалл структурали, жуда зич оҳактошлар ва юмшоқ, пўк жинслар (бўр) ҳам учрайди. Портландцемент ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси танланаётганда турли кальций карбонат жинсларининг физик хоссалари ҳисобга олинади.

Мергеллар гилсимон моддалар ва жуда майда кальций карбонат заррачаларининг табиий аралашмасидан иборат чўкинди тоғ жинси ҳисобланади. Мергеллар борлигига қараб, мергель оҳактош (90...95% CaCO₃), оҳактош карбонат мергель (20...90% CaCO₃) ва мергель (50...70% CaCO₃) га бўлинади. Тахминан 65% CaCO₃ ва 25% гилдан ташкил топган мергеллар жуда қимматбаҳо хом ашё ҳисобланади. Бундай мергель куйдирилгандан сўнг кимёвий таркиби бўйича клинкерга ўхшаб кетади. Шунинг учун уни ишлатиш билан портландцемент ишлаб чиқариш схемаси анча соддалашади. Таркибидаги CaCO₃ микдори бўйича сунъий тайёрланган хом ашё аралашмасига мос келадиган мергеллар цемент саноатида «натурал» деб аталади.

Мергеллар ҳам, кальций карбонат жинслар сингари, физик хоссалари бўйича биридан кескин фарқ қилиши мумкин. Баъзи мергеллар зич структурали ва мустаҳкам бўлса, бошқалари бўр сингари юмшоқ ва пўк бўлади.

Тўғриловчи қўшилмалар. Икки асосий ташкил этувчи оҳактош ва гил нисбатини ўзгартириш билан талаб қилинган кимёвий таркибдаги клинкер олиш ҳамма вақт қулай бўлавермайди. Шунинг учун кўпинча учинчи, баъзан эса тўртинчи компонент таркибида

клинкер оксидларидан бирининг миқдори кўп бўлган тўғриловчи қўшилмалар қўшишга тўғри келади.

Хом ашё аралашмасига таркибида SiO_2 кумтупроғи кўп бўлган моддалар (трепел, опока, диатомит) қўшиб кўпайтирилади. Хом ашё аралашмаси таркибида темир оксид етишмаси, колчедан куйинди қўшилади. Сергил гилтупроқлар қўшиш натижасида клинкер таркибидаги гилтупроқ ҳам кўпаяди. Республикага колчедан куйиндиси чет мамлакатлардан келтирилади.

Карбонат жинслар, гил ва тўғриловчи қўшилмалар клинкер ишлаб чиқариш учун зарур хом ашё ҳисобланади. Портландцемент тайёрланаётганда эса, юқорида айтиб ўтилганидек, клинкер гипс ва актив минерал (гидравлик) ёки инерт қўшилмалар билан бирга майдалаб туйилади. Гипс қўшилмаси сифатида икки молекула сувли гипс- $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, яъни гипс-тош ишлатилади. Гипс-тош қурилиш гипсини тайёрлашда хом ашё ҳисобланади.

Ёқилғи. Хом ашё материалларини куйдириш учун қаттиқ, суюқ ва газ симон ёқилғи ишлатилади. Суюқ ва газсимон ёқилғи энг яхши ёқилғи ҳисобланиб, уларни ёққанда кул ҳосил бўлмайди. Қаттиқ ёқилғидан фойдаланганда кули клинкер таркибига қўшилиб кетади ва у клинкернинг фақатгина кимёвий таркибини ўзгартирибгина қолмай, балки клинкер таркибидаги магний оксид ва SO_3 миқдорини ҳам кўпайтириб юборади.

Шунинг учун хом ашё аралашмасини ҳисоблаётганда ёқилғидан қанча кул ҳосил бўлиши ва кулнинг кимёвий таркиби ҳисобга олиниши керак.

Газсимон ва суюқ ёқилғи ишлатилса ишлаб чиқариш анча соддалашади, куйдириш режими, клинкернинг сифат кўрсаткичлари қатъий барқарорлашади. Қаттиқ ёқилғи ишлатганда эса бунга эришиш қийин.

Айланма печлар билан жихозланган цемент заводларида суюқ ёқилғи сифатида $30 \dots 35^\circ\text{C}$ паст температурада қотиб қоладиган серпарафин мазут ишлатилади. Мазут печга 2,5 МПа гача босим остида форсункалар билан пуркаб узатилади. Мазут суюқлиги унчалик қовушок бўлмагани тақдирдагина у форсункага яхши пуркалади. Мазутнинг қовушоклигини камайтириш учун у $60 \dots 80^\circ\text{C}$ температурагача қиздирилади.

Цемент саноатида газсимон ёқилғи сифатида табиий газ ишлатилади. Газнинг иссиқлик бериш иши жуда юқори, уни исталган жойга ва печга узатиш мураккаб эмас, газсимон ёқилғини ёқишдан олдин унга бирор ишлов беришнинг кераги йўқ, шунингдек, бу тур ёқилғи арзон бўлиб, шу сифатларига кўра табиий газ цемент саноати учун энг қулай ёқилғи ҳисобланади. Табиий газ ишлаб чиқариш кўпайиши билан кўплаб цемент заводлари ҳам газсимон ёқилғида ишлашга ўтказилди. Газсимон ёқилғини ишлатиш печлар унумдорлигини оширади, ёқилғи сарфини 5% гача, электр энергияси сарфини эса 10% гача камайтиради, меҳнат унумдорлигини

7...10% оширади. Бироқ табиий газ ҳамма ерда ҳам бўлавермайди, суюқ ёқилғидан фойдаланиш эса қимматга тушади. Шунинг учун кўпгина заводлар қаттиқ ёқилғида ишлайди.

Клинкер куйдирилганда тошқўмир, антрацит, кўнғир кўмир ва ёқувчи сланец ишлатилади.

Қаттиқ ёқилғи айланма печга кукун ҳолида юборилади. Ёқилғи кукун ҳолига келгунча майдаланганда зарраларининг ёниш жараёни тезлашади ва жуда майда дисперс кул ҳосил бўлади. Зарралар йирик бўлса ёқилғи батамом ёниб улгурмайди ва қисман чала ёнган ҳолда клинкер билан чиқиб кетади. Натижада куйдириш температураси ҳам, печнинг фойдали иш коэффициентлари ҳам пасайиб кетади.

Майда дисперс кул ҳосил қилиш яна шунинг учун зарурки, кул қанча майда бўлса, клинкер уни батамом сингдириб олади ва кул унда текис жойлашади. Ёқилғи 009 номерли элакда 8...10% қолдиқ қоладиган даражада майдалаб туйилиши керак.

Серкул ёқилғи жуда майда туйилиши зарур. Заводга келган ёқилғи кўпинча анча нам бўлади. Шунинг учун у бир марта қуришиб олинади. Ёқилғини қуришиб туяётган вақтда ёки туйишдан олдин бажарилади. Бир йўла ҳам туйиб, ҳам қуришиб энг фойдали ва унумли усулдир.

8- § Портландцемент ишлаб чиқариш усуллари

Портландцемент ишлаб чиқариш икки мустақил жараёнга бўлинади:

1. Клинкер ишлаб чиқариш портландцементнинг чала маҳсулоти тайёрланади);
2. Клинкерни қўшилмалар билан бирга туйиш (портландцемент олиш).

Биринчи жараён жуда мураккаб бўлиб, унинг бажарилиши катта капитал ва эксплуатацион харажатлар билан боғлиқ. Шунинг учун ҳамма вақт портландцемент клинкер ташкил этувчини тежаш керак. Чунки портландцемент ишлаб чиқариш учун сарфланадиган жами харажатнинг кўп қисми (70...80%) клинкер қийматини ташкил этади.

Портландцемент клинкери ишлаб чиқаришда куйидаги асосий технологик операциялар бажарилади:

1. Оҳактош ва гил қазиб олинади;
2. Хом ашё материаллари тайёрланади ва майдаланилади;

3. Ёқилғи тайёрланади;
4. Хом ашё материаллари куйдирилади.

Клинкерни туйиш ва портландцемент ишлаб чиқариш учун асосан куйидаги технологик жараёнлар бажарилади:

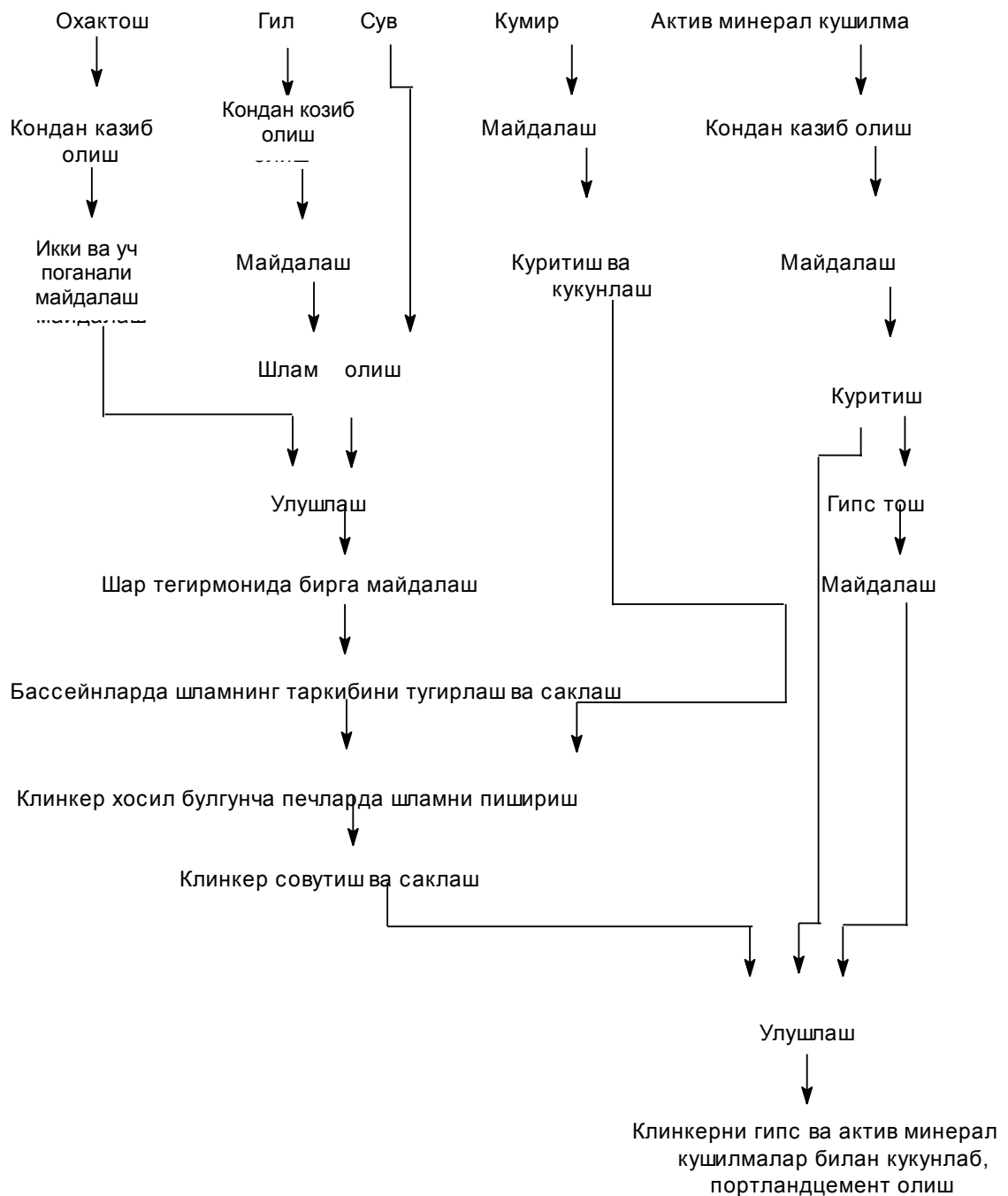
1. Қўшилмалар тайёрланади;
2. Клинкер қўшилмалар билан бирга туйилади;
3. Портландцемент омборга жойланади.

Талаб қилинган кимёвий таркибли бир жинсли хом ашё аралашмасини ҳосил қилиш учун унинг таркибига кирадиган материалларни тайёрлаш керак. Бундай аралашмани тайёрлаш учун унинг таркибига кирадиган материалларнинг (оҳактош, гил ва тўғриловчи қўшилмалар) нинг ҳаммаси майда қилиб тўйилади ва яхшилаб аралаштирилади. Аралашма таркибига кирадиган материалар майдалаб туйилса, хом ашё аралашмаси таркибидаги оксидлар куйдирилаётганда ўзаро яхшироқ таъсирлашади. Хом ашё иложи борича майдалаб туйилса, у куйдирилаётганда клинкерда таъсир этишмай қолган моддалар деярли бутунлай бўлмайди. Бу вақтда ҳамма оксидлар минераллар ҳолида боғланган бўлади.

Майда қилиб туйилган материаллар қуруқлигича ёки сувда яхшилаб аралаштирилиши мумкин. Хом ашё материаллари сув иштирокида тайёрланса портландцемент ишлаб чиқариш «хўл» усул деб, қуруқлигича тайёрланса «қуруқ» усул деб аталади. Қайси усулни танлаш технологик ва техник-иқтисодий характердаги бир қатор факторларга боғлиқ (куйидаги схемага қаранг).

Гарчи техник-иқтисодий кўрсаткичлар жихатдан қуруқ усул афзалроқ бўлса ҳам, ҳозирги вақтда қатор мамлакатларда, шунингдек Россияда ва АКШда хўл усул кенг тарқалган. Қуруқ усул Япония, Германияда ва Италияда кенг тарқалган. Ҳозирги кунда мамлакатимизда ҳам «қуруқ» усулни кўпроқ қўллаш тенденцияси салмоқли ўрин олмоқда.

Хўл усул. Портландцемент «хўл» усул бўйича ишлаб чиқаришда асосий технологик операцияларни бажариш тартиби.



9 §. Оҳактош ва гилни қазиб олиш, ташиш ҳамда хом ашё аралашмасини тайёрлаш

Оҳактош билан гил, одатда, цемент заводи яқинидаги конлардан қазиб олинади. Оҳактош портлатиш ёрдамида қазиб олинади ва вагонеткалар, платформалар ёки юкни ўзи ағдарадиган машиналарда ташилади.

Гилни қазиб олиш учун бир чўмичли (камдан-кам ҳолларда кўп чўмичли) экскаваторлар ишлатилади. Гил ҳам оҳактош сингари ташилади. Айрим вақтларда бу мақсадлар учун гидротранспортдан фойдаланилади.

Юқорида кўрсатиб ўтилган транспортдан ташқари, маҳаллий шароитларга қараб, лентали транспортёрлар (кон 1 км гача, баъзан эса 5... 8 км гача узоқда бўлса) ёки завод билан кон ораси пастбаланд ёки бинолар қурилган бўлса, осма сим-арқон йўллардан фойдаланса ҳам бўлади.

Қазиб одинадиган хом ашё нархи турли корхоналарда бир-биридан фарқ қилади. Транспорт харажатлари эса хом ашё умумий сарфининг 60% ини ташкил этади.

Ёғингарчилик ва совуқ кунлари ёки ускуна ва транспорт воситалари бузилган вақтларда иш тўхтаб қолмаслиги учун завод ҳовлисида оҳактош ва гил захиралари бўлиши керак. Бунинг учун қўшимча юклаш ва ташиш ишларини бажариш лозим, бу эса иқлими кескин ўзгарадиган шароитларда заводнинг нормал иш тартибини таъминлайди.

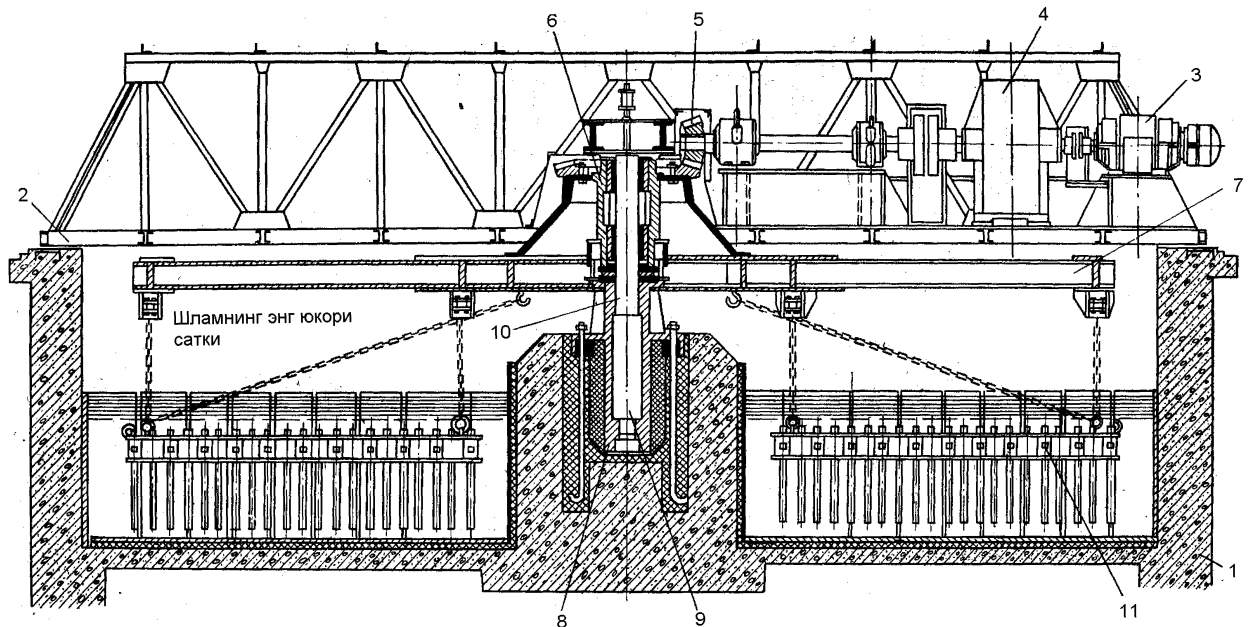
Оҳактош кондан ўлчами 500...800 мм ва ундан катта харсанг бўлақлар тарзда олиб келинади. Битта аппаратда оҳактошни талаб қилинган даражада майдалаб туйиб бўлмайди. Шунинг учун у икки-уч марта майдаланади. Аввалига оҳактошнинг йирик бўлақлари 100...200 мм ўлчамда, жағли майдалагичларда бир марта майдаланиб олинади. Хом ашё иккинчи сафар одатда, болғачали ва конус майдалагичларда 10...30 мм ўлчамгача, сўнг охириги марта суюқ лой билан шар тегирмонларда майдаланади.

Бу хом ашё сувсиз майдалангандагига нисбатан сувда яхши майдаланади. Сувда майдаланганда материалларнинг қаттиқлиги камаяди. Оҳактош тегирмонга автоматик бошқариладиган ва узлуксиз ишлайдиган тарози ёки ҳажм дозалагичлар (улушлагичлар) билан

узатилади. Бу мақсадларда жуда аниқ улушлайлиган ҳажм улушлагичлар ўрнатилади, чунки оҳактош гил билан бирга туйилади. Шу сабабли бу икки ташкил этувчининг нисбати аниқ бўлиши керак.

Гил тегирмонга суюқ лой ҳолида узатилади. Оҳактош билан гил бирга майдаланиши туфайли таркибига кирадиган материаллар жуда яхши аралашади. Худди шу мақсадда тўғриловчи қўшилмалар ҳам тегирмонга узатилади (аралашма таркибига кирган икки асосий материалнинг кимёвий таркиби талаб қилинган таркибли клинкер олишни таъминлай олмаслиги маълум бўлса).

Гил чайқатгич темир-бетон бассейндан иборат бўлиб, унинг туби ва деворларига чўян плиталар қопланган (8-расм).



8-расм. Лойчайқатгич:

1-темир-бетон резервуар, 2-приводли тузилмаси бор кўпирик, 3-электр юритгич, 4-редуктор, 5-тишли узатгич, 6-стакан, 7-траверса, 8-марказий устун, 9-стакан, 10-ўк, 11— алмаштириб туриладиган пўлат тишли бороналар.

Тўсинромга занжирларда пўлат хаскашлар эркин ҳолда осиб қуйилган, майдалагичларда бир сидра майдалаб олинган гил (хаскашлар айланиб турганда) оз-оздан чайқатгичга узатилади. Гил билан бирга бассейнга сув ҳам қўшилади. Электр двигатель воситасида ҳаракатга келтирилган хаскаш панжалари кўпи билан 3...5 мм ўлчамда майдаланган гил кесакларини сувда ивитади. Шлам чиқиб кетадиган дарча йирик лой бўлакларни ушлаб қоладиган панжара

билан беркитилган. Суюқ лой насослар воситасида таъминлагич бачокларига узатилади. У ердан аралашма ўлчов бачоклари орқали шар тегирмонларига юборилади.

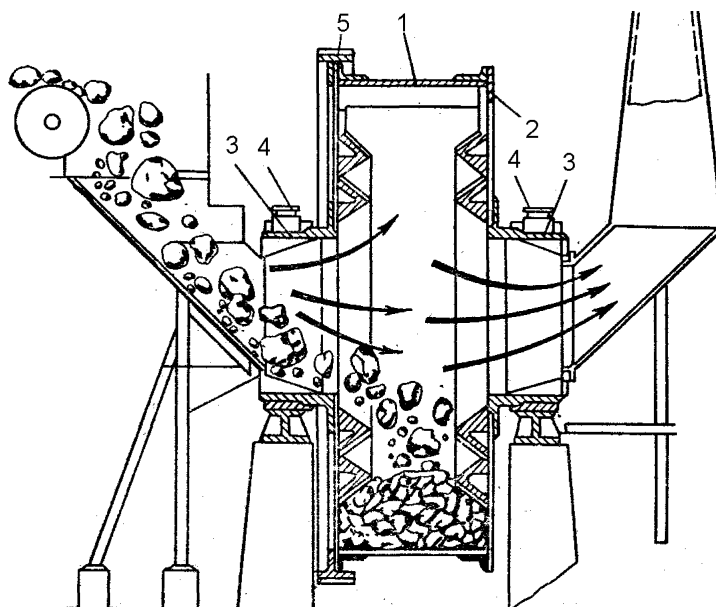
Лой таркибидаги йирик қўшилмалар бассейин тубига чўқади ва вақти-вақти билан чиқариб ташланади.

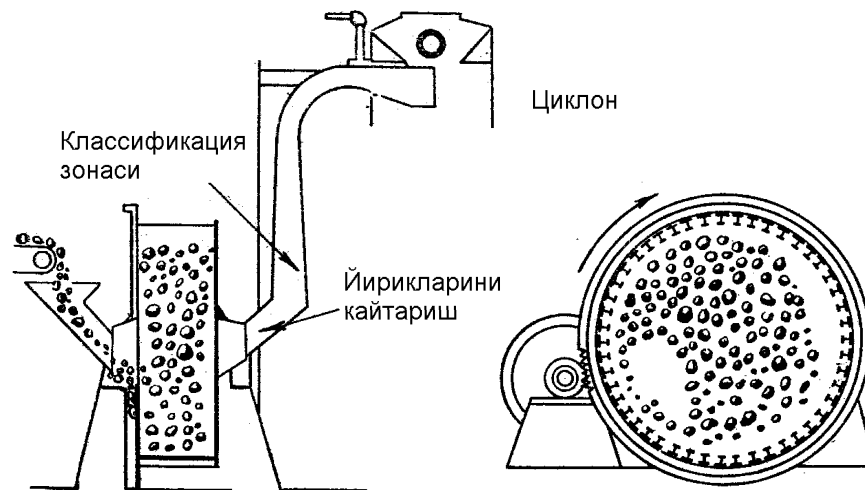
Суюқ лой таркибидаги сув-шлам (суюқ оҳактош ва лой аралашмаси) нинг намлиги 34...45% га етганда ажратиб олинади. Гид чайқатгичларда майдаланганда, тошсимон қўшилмалар ва қум лойдан осонгина кўчиб тушади. Гилни майдалаш жараёнини тезлатиш ва унинг яхши ўтиши учун иссиқ сув ишлатилади.

Лой (гил) чайқатгич бассейининг диаметри 8...12 м, унумдорлиги эса 12...30 м³/соат. Электр двигателнинг белгиланган қуввати 35...60 кВт.

Цемент заводларида юмшоқ хом ашёларни ишлатишга кўп эътибор берилади ёки жуда самарали бўлган роторли тегирмонлардан кўпроқ фойдаланалади.

Хўл усул бўйича хом ашё аралашмасини тайёрлаш схемасида хом ашё сифатида битта қаттиқ компонент (оҳактош) ва иккинчи юмшоқ, сувда осон ивиб кетадиган компонент (гил) ишлатилади. Хом ашё сифатида юмшоқ бўр ва тупроқ ишлатилса, иккаласи ҳам чайқатгичда бир вақтда майдаланади. Ҳосил бўлган шламнинг ивимаган кесакларини ажратиб олиш учун у элакдан ўтказилади ва яна чайқатгичга солинади. Юмшоқ хом ашёда тошсимон қўшилмалар бўлса, элак устидаги маҳсулот шар тегирмонларда майдаланиб, сўнгра шлам билан аралаштирилади.





9-расм. Майдаловчи жисмсиз барабан тегирмон.

1-барабан, 2-қопқоқ, 3-цапфа, 4-подшипниклар, 5-тождор тишли ғилдирак.

Шлам тайёрлашнинг учинчи схемаси ҳам бор: хом ашё иккита қаттиқ модда, яъни оҳактош ва зич гил мергелдан иборат бўлган ҳолларда ишлатиладиган схема. Бу схема бўйича бир марта майдалаб олинган оҳактош ва мергель яна бир бор шар тегирмонларда майдаланади. Сўнги вақтларда, ўз-ўзича материалларни майдалаш принципига асосланган, жуда катта диаметрли айланувчи барабанда материалларни сув иштирокида каскад кўринишида пастга ташлаб юборувчи, яъни тўкувчи тегирмонлар ишлатила бошланди (9- ва 10-расмлар). «Гидрофол» деб аталувчи бундай тегирмон Сизрань оғир машинасозлик заводида тайёрланган. Диаметри 7 м бўлган бу барабан минутига 13 марта айланади. Унинг ички қисми бронеплиталар билан қопланган ва материални сочишга мўлжалланган, бу бронеплиталарга токчалар ҳам ўрнатилган. Барабан цилиндрик қисмининг узунлиги 2,3 м. Солинадиган материалнинг йириклиги 0,35...0,8 м гача (бўр учун 0,5...0,8 м; оҳактош учун 0,35...0,45 м).

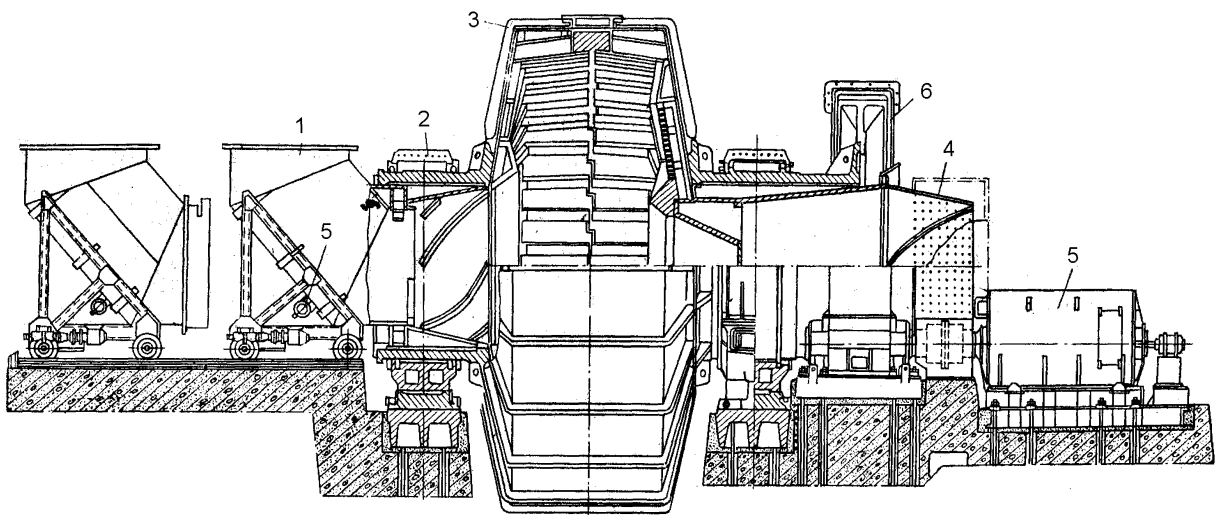
Бу тегирмон лой чайқатгич ва шар тегирмонларга нисбатан анча самарали (11- ва 12-расмлар). Унинг ишлаб чиқариш унумдорлиги 400...500 т/соат. Ҳаракатга келтирувчи электр

двигателнинг қуввати 1600 кВт. Аралашма бу тегирмондан сўнг шар тегирмонда майин ҳолга келгунча майдаланади.

Хом ашё аралашмасини тайёрлашга оҳактош, гил ва қўшилмаларни майдалаш, дозалаш, биргаликда компонентларни майин қилиб кукунлаш ва аралаштириш, ҳосил бўлган аралашма таркибини тўғрилаш ва уни сақлаш киради.

1т портландцемент тайёрлаш учун 2,5...3 т хом ашё, кўмир ва клинкер майдалаш керак. Шу ишларни бажаришга цемент ишлаб чиқариш учун сарфланадиган электрэнергиясининг 60...80% сарф бўлади.

Хом ашё аралашмаси шлам-бассейнларда аралаштирилади, таркиби тўғирланади ва сақланади, лекин аралаштирган захоти зарур кимёвий таркибли шлам олинмайди.

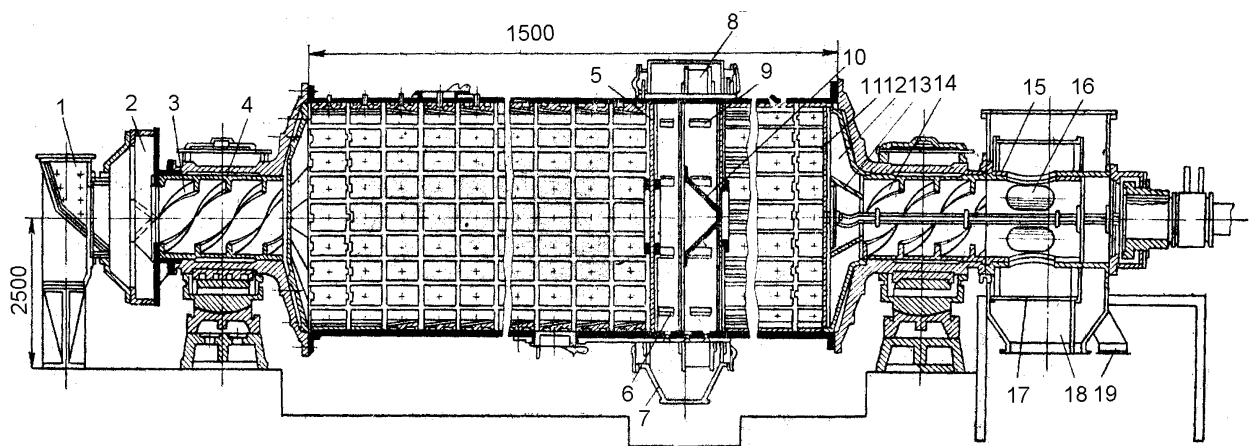


10-расм. «Хўл» усулда ўз-ўзидан майдаловчи барабан тегирмон,

1-таъминлагич. 2-вибратор, 3-барабан, 4-конуссимон барабан саралагич, 5-электр юритгич, 6-тишли тождор ғилдирак.

Бир кон чегарасидагина эмас, ҳатто бутун қатлам баландлигида ҳам оҳактош ва гил кимёвий таркиб жихатдан бир-биридан анча фарқ килиши мумкин. Шунинг учун бир марта улушлашнинг ўзидаёқ хом ашё аралашмаси ташкил этувчиларининг зарур нисбатда бўлишини таъминлаш қийин. Шламнинг кимёвий таркиби шлам-бассейнларда тегишлича тўғриланади. Шлам сиқилган ҳаво ёрдамида аралаштирилади.

Шлам таркиби қуйидаги тартибда тўғриланади. Шар тегирмонлардан шлам насослар билан шлам-бассейнларнинг биттасига ҳайдалади. Бошқа бассейнга эса худди шундай йўл билан тайёрланган шлам узатилади. Бу шлам аввалгисидан кальций карбонат миқдори кам (ёки кўп)лиги билан фарқ қилади. Шламни яхшилаб аралаштириб бўлингач, ҳар қайси бассейндаги шламнинг кимёвий таркиби аниқланади ва зарур кимёвий таркибли клинкер олиш учун иккала шламдан қандай нисбатда олиш кераклиги белгиланади. Шлам белгиланган нисбатда олингандан сўнг иккила бассейндаги шлам насос билан учинчи бассейнга солинади. Бу ерда яхшилаб аралаштиргач унинг титри (CaCO_3 миқдори) аниқланади. Титри йўл кўйилган миқдордан кўпи билан 0,1% фарқ қилган шлам куйдириш учун керакли ва қулай ҳисобланади.



11-расм. Икки камерали трубасимон тегирмоннинг бўйлама кесими:

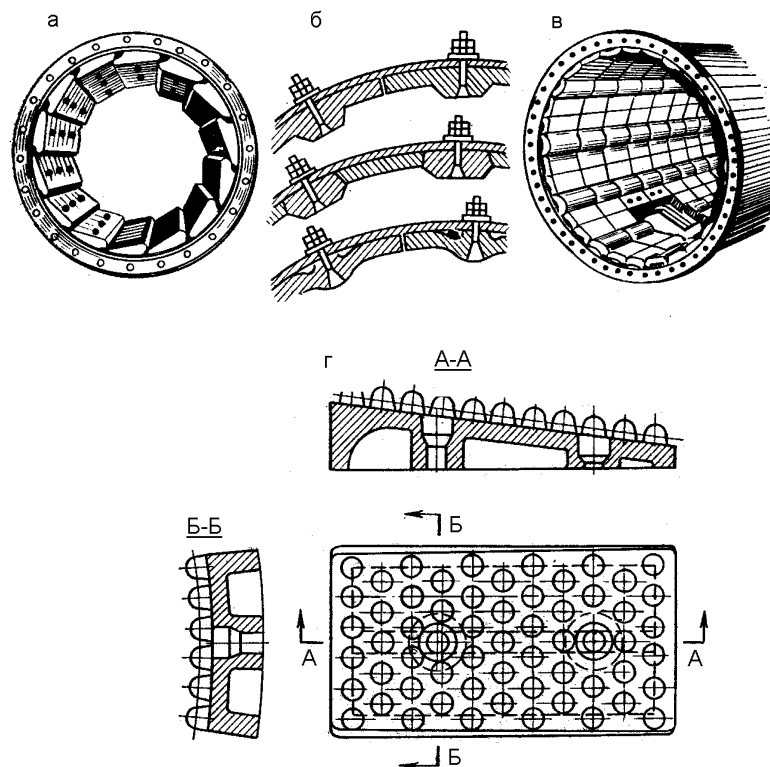
1-қабул қилгич воронка, 2-таъминлагич, 3-трубашнек, 4-қопқоқ, 5-камералараро тўсик, 7-ийғич-филоф, 8-қабул қилгич патрубogi, 9-куракчалар, 10-конус, 11-тўр, 12-радиал куракчалар, 13-конус, 14-ичи бўш цапфа, 15-бўшатгич патрубogi, 16-дарча, 17-элак, 18-майдаланган жисмлар учун мўлжалланган патрубок, 19-тайёр цемент учун мўлжалланган патрубок.

Куйдириш печи узлуксиз ишлаши учун (хом ашё керагича узатилмай қолган ҳолларда ҳам) шлам захираси бўлиши керак.

Заводларда шлам сақлаш учун қўлланилаётган шлам-бассейнлар конструкцияси жихатдан вертикал ёки горизонтал типда бўлиши мумкин. Вертикал типдаги бассейнлардан, одатда шламни тўғрилаш учун фойдаланилади. Уларнинг ҳажми 400...1000 м³ гача етади. Бу бассейнларда аралашма пневматик ёки аралаш пневмомеханик усулда аралаштирилиши мумкин.

Запас шламни сақлаш учун ҳар бирининг сиғимли 8000 м^3 гача бўлган горизонтал шлам-бассейнлар қурилади. Горизонтал шлам-бассейн юмалоқ темир-бетон сиғимдан иборат. Уларнинг диаметри 25 м ва ундан ортиқ бўлиши мумкин. Энг янги конструкциядаги бундай шлам-бассейнларда кранли аралаштиргичлар бор. Кранли аралаштиргичлар пневмомеханик аралаштириш принципи бўйича ишлайди.

Пневматик ва механик усуллардан бир вақтнинг ўзида фойдаланиш бир жинсли шлам тайёрлашга имкон беради. Янги қурилган заводларда жумладан Навойи цемент заводида қукунлаштирилган хом ашё таркибидаги CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 оксидлари автоматик рентгеноспектрометр ёрдамида аниқланиб, бу таркиб ҳар соатда текшириб турилади.



12-расм. Тегирмоннинг бронефутеровкали плиталари:

а-зинапоясимон, б-болт билан маҳкамланадиган плиткали, в-болтсиз маҳкамланадиган плиткали, г-зинасимон (пошнасимон) плиткали.

Тахлилларнинг натижаларига қараб ҳисоблаш машиналари хом ашёларнинг нисбатларини қайтадан ҳисоблайди, улушловчи машиналарга янги кўрсаткичларни бериб, хом ашё тегирмонларининг тўғри таъминланиши ва белгиланган таркибли шлам олишин таъминлайди.

Шлам сарфини шлам-бассейнлардаги сатҳ ўлчагич сигнализатори, шунингдек, кўзатиб турувчи-электроконтакт, мембран, радиоактив сатҳ ўлчагичлар кўрсатади. Бу приборлардан энг

аниқ ишлайдигани радиоактив сатх индикаторидир. У радиоактив изотопли (масалан, кобальт 60) кутича (контейнер) ва радиоактив нурланишлар ҳисоблагичи-счётчигидан иборат. Контейнер ва ҳисоблагич силоснинг қарама-қарши деворларига ўрнатилади. Изотопдан чиқаётган гамма нурлар силосдан ўтиб, ҳисоблагичга тегади. Силос бўш бўлса нурланишлар кўп, силос тўла бўлса кам бўлади.

Хом ашё аралашмаси (шлам) ни куйдириш. Шлам ҳўл ёки қуриқ усулда тайёрланган бўлишидан қатий назар айланма печларда куйдирилади. Ҳозирги айланма печлар пўлат тахталардан ясалган барабандан иборат. Металлни юқори температура таъсиридан сақлаш ва иссиқлик кам исроф бўлиши учун печнинг ичига ўтга чидамли материаллар қопланади (футеровка қилинади). Бу ўтга чидамли материаллар ишлаш шароитига қараб танланади. Қоплама сифатида А ва Б классдаги шамот ғишт, гил-тупроқ ва магнезиал ўтга чидамли ғишт ишлатилади. Қоплама сифатида анча арзон, ўтга чидамли бетон ишлатиш тажрибаси ҳам бор. Аммо бу материал ҳозирча фақат тажриба сифатида ишлатилмоқда.

Ҳозирги кунда Ўзбекистон заводларида клинкернинг асосий қисми 3x100, 4x150, 4,5x170, 5x60 ва 7x90 м ўлчамли печларда ишлаб чиқарилмоқда. Уларнинг бир суткадаги клинкер бўйича иш унуми 400, 800, 1200 ва 1800 тонна. Солиштирма иссиқлик сарфи 5000...6700 кЖ/кг; ҳар бир печ учун солиштирма электр энергияси сарфи 25...26 кВт·соат/тонна клинкерни ташкил қилади.

Печь уч хил тезликда, яъни минутига 0,5; 0,75 ва 1 марта айланиши мумкин. Тезликни электр двигателнинг айланишлар сонини ўзгартириш билан ўзгартириш мумкин. Печь 4⁰ градус қияликда ўрнатилган. Печь қия ўрнатилгани учун у айланганида материал барабан ичида пастга сурилиб тушади. Печнинг кўтарилган қисми чанг ушлагич камерасига кириб туради. Ташқаридан ҳаво кирмаслиги учун чанг камераси билан барабан орасидаги тирқиш (азор) махсус тузилмалар билан зичланадн. Шлам чўмичли таъминлагич ёрдамида бачокдан труба орқали печга оқиб келади.

Қарама-қарши томондан печга кўмир чанги, чанг-ҳаво ёки газ-ҳаво аралашмаси босим остида пуркаланади. Кўмир ёки газ қизиб турган бўшлиққа тушиб, печь бошидан тахминан 10 м масофада ёниб кетади. Ҳосил бўлган қизиб кетган тутун газларини печь охирига ўрнатилган вентилятор барабани билан суриб ташланадн. Куйдириладиган материал тутун газларига қарши томонга ҳаракат қилади. Қизиб кетган газлар яхши қизимаган материал билан учрашиб унга ўз иссиқлигини беради ва совий бошлайди. Натижада ташқи ҳаво температурасидаги суёқ шлам аста-секин эриб, қовушиб, пишиш температураси (1450⁰С) гача қизийди. Қисман эриб қовушиб пишаётган клинкер, айниқса печнинг айланма ҳаракати туфайли ҳосил бўлган клинкернинг думалоқ доналари борган сари зичлашиб юқори мустаҳкамликка эга бўла бошлайди. Сўнгра шу

усулда ҳосил бўлган клинкернинг думалоқ доналари печь охиридаги совук ҳаво оқимида дуч келиб, унга ўз иссиғини беради ва қотиб қолади. Исиган ҳаво кейин ёқилғининг ёниш зонасига келади, деярли 1000...1100⁰С гача совиган клинкер эса печь барабанидаги тешиқдан занжирли рекуператорнинг ёки панжарали совитгичларга тўкилиб тушади. Бу ерда клинкер 50...100⁰С гача совитилиб, сўнгра омборга жўнатилади.

Совитгичлар бир неча типда бўлиши мумкин: барабанли совутгич (ҳозирги кунда бундай совутгичлар эскириб қолган), рекуператорли совутгич, скребкали ва панжарали совитгичлар. Ҳозирги печларда рекуператорли ёки панжарали совитгичлар ўрнатилмоқда.

Рекуператорли совитгич бир неча пўлат барабанлардан иборат (узунлиги 150 м печда 10 та барабан бор). Бу барабанлар печнинг совуқ тарафида печь айланмаси бўйича симметрик жойлашган. Барабанлар печь корпусига маҳкамланган ва биридан иккинчисига дарча очилган. Клинкер печдан ана шу дарчалар орқали барабанга тўкилиб тушади. Барабанларнинг ички юзасидан шопирувчи куракчалар бор. Печь айланаётганда кўракчалар клинкерни сидириб олади; клинкер юқориги ҳолатга етгач, у куракчалардан тўкилиб тушади, шу билан барабанлар бўйича суриллаётган совуқ ҳаводан яхши совийди. Барабаннинг клинкер олинадиган қисмида олиш тешиги бор, барабан четида эса борт ясалган бўлиб борт клинкернинг олиш тешигидан ўтишга ёрдам беради.

Узунлиги 185 м ва диаметри 5 м бўлган печь йирик корхоналарда ўрнатиш учун қабул қилинган энг янги конструкциядаги айланма печдир. Печга горизонтал панжара-тўрли итариб берувчи совитгич ўрнатилган. Панжара-тўр кўзғаладиган ва кўзғалмайдиган палетлардан иборат. Кўзғаладиган палетлар қайтма-илгарилама ҳаракат қилади. Шу ҳаракат вақтида клинкер тўр устидаги материал қатлами орасидан ўтаётган ҳаво билан совитилади. Совиган клинкерни майдалаш учун совитгичга болғачали майдалагич ўрнатилган.

Клинкер районларнинг иқлим шароитларига қараб очик ва ёпиқ омборларда сақланади. Сўнги йилларда клинкерни сақлаш учун силослар ҳам ишлатилмоқда. Уларнинг сиғими 3...5 суткада ишлаб чиқарилган клинкер ҳажмига тенг.

Печь совитгичидан клинкер куракли транспортёрлар ёки вагонеткалар орқали омборларга жўнатилади. Клинкер омборларида грейфер кўприк кранлар бўлиб, улар фақат омбордаги юк ортиш, юк тушириш ва клинкерни туйиш бўлимининг транспорт воситаларига узатиш ишларини бажариб қолмасдан, айна вақтда клинкерга ташқаридаги ҳаво яхшироқ тегиши учун уни аралаштириб ҳам туради. Клинкер омборларининг ҳажми анча катта бўлиб, уларга 30 т ва ундан ортиқ клинкер кетади, Бундай омборлар асосан клинкерни етилтириш учун керак. Омборларда сақлаш давомида клинкердаги эркин оҳак ҳаво нами таъсирида сўнади. Шу

билан клинкер структура жиҳатдан ковак бўлиб қолади ва шунинг учун осонгина туйилади. Айрим вақтларда клинкерга сув ҳам сепилади.

Етилтириш муддати клинкерни куйдириш сифатига боғлиқ. Айланма печларда олинган клинкерни, шунингдек, куйдирилган клинкерларни етилтирмаса ҳам бўлади. Бу корхонани автоматлаштиришда катта аҳамиятга эга.

Иш унуми ҳамда 1 кг клинкерни куйдириш учун сарфланадиган иссиқлик айланма печлар ишининг асосий кўрсаткичларидан бири ҳисобланади. Шунини айтиб ўтиш керакки, портландцемент ишлаб чиқариш ҳўл усулининг муҳим камчилиги ҳам бор. Шлам намини қочириш учун анчагина (умумий сарфнинг 30% гача) ёқилғи сарфлаш керак. Шунинг учун печнинг фойдали иш коэффициентини ошириш мақсадида иложи борича нами кам бўлган шлам ишлатиш зарур.

Печда иссиқдан унумли фойдаланиш керак. Бунинг учун атроф-муҳит билан куйдирилаётган материал ўртасида иссиқлик алмашувини яхшилаш лозим.

Биринчи тадбирни, яъни шлам намини қочиришни уч усулда амалга ошириш мумкин: шлам суюлтиргичлар ишлатилади, ортикча сув механик усулда йўқотилади ва шлам нами буғлантирилади.

Шлам суюлтиргич сифатида турли моддалар-сода, суюқ шиша, торф ёки қўнғир кўмирнинг содали эритмаси, битум ва тоғ муми чиқиндиларидан бўлган ишқорий торф моддалари, уч полифосфат ($\text{Na}_2\text{P}_3\text{O}_{10}$) ва бошқалар, кўпроқ сульфит-спирт бардаси ишлатилади. Озгина сульфит-спирт бардаси (курук аралашма оғирлигининг 0,15...0,3%) қўшганда ҳам шламнинг оқувчанлиги анча ортади. Бу эса шламнинг ана шу оқувчанлигини сақлаган ҳолда нами 2...3% камайтиришга имкон беради. Натижада фақат ёқилғи сарфи камайиб қолмасдан, шу билан бирга печь унумдорлиги ҳам ортади. Чунки бу ҳолда, иссиқликнинг кўп қисми клинкерни куйдиришга сарфланади.

Иккинчи ва учинчи усулда шлам нами механик равишда қочирилади. Бунда қўлланиладиган турли механизм ва асбобларнинг тузилиши ҳамда ишлаши махсус курслардан мустақил ўрганилади.

Материалнинг иссиқ ҳавога дуч келадиган сатҳини кенгайтириш билан куйдирилаётган материал ва газ оқими ўртасидаги иссиқлик алмашувини кучайтириш мумкин. Бунинг учун печнинг совуқ тарафида 35...40м (700-800) масофада занжирлар осилади. Шлам занжир халқаларга ёпишади. Натижада осиб қўйилган занжир-тўр орасидан ўтаётган газ оқимига тегадиган шламнинг юзаси кескин кенгайди. Бундан ташқари, печь айланаётганда занжирлар материални яхшилаб аралаштиради. Бу ҳам шламга газларнинг яхши тегиб ўтишини таъминлайди. Занжир-тўрлар печдан кам чанг чиқишига ҳам ёрдам беради.

Занжирлар бир учидан, иккала учидан ўрам ҳолида ёки бир учидан тўп-тўп қилиб осилади. Занжирларни ўрам ҳолида, шунингдек мураккаб шаклда осиб ҳам яхши натижа беради. Узун печларда занжирларнинг умумий узунлиги 2000 м ва ундан ортиқ бўлади, уларнинг юзаси эса тахминан 1500 м². Занжир тўр-парда иссиқликни 10...15% кам сарфлайди ва печь унумдорлигини шунча миқдорга оширади.

Занжир-тўр орқасига (анча юқори температура зоналарида) турли конструкциядаги иссиқлик алмаштиргич ўрнатиш ҳам печда иссиқлик алмашинувини яхшилайти. Иссиқлик алмаштиргичнинг ўтга чидамли пўлатдан ишланган 10...12 та секцияси бор. Секциялар печь бўйи баравар жойлашган бўлиб, ҳар бир секцияда олтидан токча бор. Печь айланганда токчалар материални сидириб олади ва юқорига кўтариб, тўкиб юборади. Шунда материал аралашади ва иссиқлик алмашинуви яхшиланади.

Газ оқими температураси 1100...1200°C бўлган зоналарда сопол иссиқлик алмаштиргичлар ўрнатилади. Уларнинг ҳам осилган занжирлар каби эффекти катта, яъни клинкерни куйдириш учун 10...15% кам иссиқлик сарфланади ва шунга мос ҳолда печнинг унумдорлиги ҳам ортади.

Печни аралашма билан икки томонлама таъминлаб туриш усули ҳам печь унумини ошириб, ёқилғи сарфини камайтиради. Бу, усулда печнинг совуқ тарафидан шлам узатилади, печнинг бош қисмидан эса майда туйилган қуруқ домна шлагги, тэц куллари пуркалади. Печни бу усулда таъминлаб туриш, ёқилғи сарфини анча камайтириб, печнинг унумдорлигини 10...15% оширади.

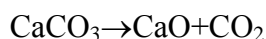
10-§. Клинкерни айланма печларда куйдирганда содир бўладиган жараёнлар

Хом ашё аралашмаси айланиб турувчи печларда куйдирилганда физик ва физик-кимёвий жараёнлар содир бўлиши натижасида қовушиб пишган, ўлчамлари 2...3 см дан иборат доналар шаклидаги C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF ва шишасимон қисмдан таркиб топган клинкер ҳосил бўлади.

Ташки ҳаво температурасидаги шлам печга тушиши билан у температураси 700...800°C гача етадиган чиқинди газларнинг кескин таъсирига учрайди. Бундай юқори температура таъсирида шлам тезда 100°C гача (сувнинг қайнаш температурасигача) исийди ва шу вақтда шлам таркибидаги сув шиддат билан буғлана бошлайти. Шлам аста-секин куйюқлаша

бошлайди, унинг таркибидаги нам анча камайгандан сўнг йирик кесаклар кўринишига келади. Кесаклар кейинчалик майда парчаларга бўлиниб кетади, чунки шламнинг лой компоненти намни йўқотгач, қовушқоқлиги сусаяди. Механик аралаштирилган намнинг буғланиш жараёни (шламнинг қуриши) тахминан 200°C температурагача давом этади. Чунки майда коваклар ва капиллярдаги нам секин буғланади. 200°C гача температурада шламда кетадиган жараёнлар характерига қараб, печнинг бу зонаси *қуритиш зонаси* (1) деб аталиши мумкин.

Материал сурила бориб, янада юқори температура зонасига тушади, шунда хом ашё аралашмасида кимёвий жараён ривожланади: $200\dots 300^{\circ}\text{C}$ дан ортиқ температурада органик аралашмалар ёниб кетади ва каолин ҳамда лой таркибидаги бошқа сувли алюмосиликатлар дегидратацияла бошлайди. Лой минераллари таркибидаги кимёвий боғланган сувни йўқотиши (дегидратацияланиши) натижасида лой ўзининг боғловчилик хусусиятини батамон йўқотади ва шлам бўлаклари кукунга айланиб қолади. Бу жараён тахминан $600\dots 700^{\circ}\text{C}$ температурагача давом этади. $200\dots 700^{\circ}\text{C}$ гача температура оралиғида ўтаётган жараёнлар моҳияти бўйича, печнинг бу зонаси *дегидратация зонаси* деб юритилади. Температура 800°C га етганда шламнинг оҳақтош компоненти қуйидаги реакция бўйича парчланади.



800°C температурада кальций карбонатнинг ана шу диссоцияланиш жараёни жуда сустр ўтади, сўнгра температура ортиши билан кескин кучаяди. Амалда CaCO_3 1000°C да тез ва тўла диссоцияланади.

Хом ашё аралашмаси $700\dots 1000^{\circ}\text{C}$ температура зонасида бўлиши натижасида кальций оксид ҳосил бўлади. Шунинг учун печнинг бу зонаси *кальцийлашиш зонаси* деб аталади.

Бу зона кўп давом этганига қарамай унда материал температураси нисбатан секин ортади. Бунга сабаб шуки, иссиқлик асосан CaCO_3 нинг парчаланиш учун сарфланади; 1кг CaCO_3 ни CaO ва CO_2 га парчаланиш учун 1780 кЖ иссиқлик сарфлаш талаб қилинади.

Хом ашё аралашмасида кальций оксиднинг пайдо бўлиши ва жараёндаги юқори температура гил таркибидаги кремний, алюминий ва темир оксидларнинг кальций оксид билан ўзаро кимёвий таъсир этишига олиб келади. Бу ўзаро таъсир этишиш қаттиқ ҳолат (қаттиқ фазалар) да руй бериши мумкин. Юқори температурада модданинг кристалл туридаги атом ва молекулалар шундай куч билан тебрана бошлайдики, бунда иккинчи модда атом ва молекулалари билан ўрин алмашиши мумкин бўлиб қолади. Шунинг учун моддаларнинг қаттиқ ҳолатида реакциялар содир бўлади. Бу реакциялар икки модда юзасида ўтади. Бу эса нима учун хом ашё компонентларини жуда майдалаб туйиш ва яхшилаб аралаштириш зарурлигини кўрсатади.

680...1000⁰С температурада оралиқ бирикма $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{CaCO}_3$ («спуррит» минерали) ҳосил бўлади. Унинг парчаланиш паст температураларда C_2S нинг кристалланишига имкон беради. $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{CaCO}_3$ бирикмасини Эйтель, Коуртайл, Крёгар, Илльнер, Лугинина синтез қилганлар. Херр, Хенниг, Шольце кўп миқдорда спурритни MgCl_2 , FeCl_3 , KCl_2 иштироқида 750⁰С температурада ҳосил бўлишини аниқлашган. Бу кўрсатилган моддалар реакциянинг кетишига каталитик таъсир кўрсатган.

800⁰С дан юкори температурада спуррит парчаланеди ва ўта реакцияга киришишига мойил C_2S ни ҳосил қилади. Ишкор ва фтор тузлари спуррит ҳосил бўлиш жараёнини тезлатиши ҳам аниқланган. Шу шароитда хом ашё таркибида $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2,5\text{CaCO}_3$ бирикмаси борлиги ҳам топилган. Спурритнинг парчаланиш температураси кўп ҳолларда 840...920⁰С. Уларнинг минерали (C_2S) ва CaO га парчаланеди. Курдовскийнинг кўрсатишича, спуррит CaCO_3 га нисбатан юкори температура таъсирига чидамлидир. Бу эса ўз навбатида спуррит таркибидаги CaCO_3 нинг печь ичида парчаланишини кечиктиради.

Қаттиқ фазаларда реакциялар 1000...1350⁰С температура оралиғида рўй беради. Бу реакциялар экзотермик реакциялардир. Шунинг учун печнинг бу зонаси *экзотермик зона* (IV) деб аталади.

Куйдирилаётган аралашма экзотермик зонада бўлиши натижасида $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ва $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ҳосил бўлади. Аммо шу билан ҳали нормал портландцемент клинкери ҳосил бўлмайди, чунки унинг энг асосий таркибий қисми-уч кальций силикат ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) йўқ. Бу минерал печнинг кейинги қисмида (энг юкори температуралар зонасида) ҳосил бўлади. Бу зона *пишириш зонаси* (V) деб юритилади.

Қумтупроқ қаттиқ ҳолда икки молекуладан кўп оҳакни бириктира олмайди. Бироқ суюқ қумтупроқ оҳакка нисбатан жуда тез ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) тўйинади. Демак уч кальций силикат олиш учун икки кальций силикат оҳакни ютиб, юкори асосли $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ га айланадиган даражада шихтани қиздириш керак.

Анча осон эрийдиган минераллар C_3A ва C_4AF пишириш зонасида эриydi. Ҳосил бўлган суюқ фазада C_2S эриб C_3S гача тўйинади. Уч кальций силикат эритмасида икки кальций силикатга нисбатан анча кам эриydi. Шунинг учун C_3S ҳосил бўлиш билан эритма бу минералга ўта тўйиниб қолади ва уч кальций силикат эритмадан майда-майда қаттиқ кристаллар ҳолида ажралиб тушади. Бу кристаллар кейинчалик шу шароитда ўз ўлчамини катталаштира боради.

C_2S нинг эриши ва оҳакнинг ютилиши бутун куйдирилаётган аралашма массасида бўлмай, балки унинг айрим улушларида ўтади. Демак оҳак икки кальций силикатни тўлик сингдириб олиш учун материалларни маълум вақтгача пишириш температураси (1350...1450⁰С)

да тутиб туриш талаб қилинади. Материаллар бу зонада қанча кўп тутиб турилса, оҳак шунча тўлиқ боғланади, шу билан бирга C_3S кристаллари ҳам йириклашади. Клинкерни пишириш температурасида кам вақт ушлаб туриш тавсия қилинади, агар шундай қилинса портландцементнинг (C_3S унда майда кристаллар кўринишида бўлади) физик-механик кўрсаткичлари юқори бўлади.

Клинкер ҳосил бўлиш жараёнини тезлаштириш, шунингдек, таркибида C_3S кўп бўлган клинкерлар тайёрлаш учун баъзи моддалар (кальций фторид CaF_2 , темир оксид ва бошқалар) ишлатилади. Бу моддалар силикат аралашмаларнинг эриш температурасини пасайтиради. Суюқ фаза анча барвақт ҳосил бўлса, бу ҳол клинкернинг ҳосил бўлиш жараёнини нисбатан юқори температуралар соҳасига суради.

Клинкер пишириш зонасидан совитиш зонасига тушади. Бу ерда клинкер қаршисига совуқ ҳаво оқими оқиб келади. Пишириш зонасида айрим вақтларда аралашманинг бутун охаги қумтупроққа бутунлай тўйиниб улгурмайди. Бу ўзлаштириш жараёни аралашмада оҳак ва C_2S камайиши сабабли янада секинлашади. Натижада тўйиниш коэффициенти юқори бўлган клинкерларда доим эркин оҳак бўлади. Бундай клинкерларда оҳак C_3S ҳолда иложи борича кўпроқ ўзлаштириб олиниши керак. Клинкер таркибида эркин оҳак 1...2% бўлса, портландцемент сифатига ёмон таъсир кўрсатмайди. Бироқ унинг миқдори кўп бўлса, портландцемент ҳажмининг нотекис ўзгаришига сабаб бўлади, шунинг учун клинкер таркибида оҳакнинг кўпайишига йўл қўйиш мумкин эмас.

Совитиш зонасида клинкер 1000...1100⁰С температурада чиқади ва уни бутунлай совитиш учун печь совитгичига юборилади. Совитгичнинг қўлланилиши катта иқтисодий аҳамиятга эга. Клинкер совитилаётганда ундан ажралиб олинаётган иссиқлик яна печга қайтарилади. Демак, клинкер совитгичларда қанчалик яхши совитилса, ёқилғидан фойдаланиш самараси ҳам шунчалик юқори бўлади ва ёқилғи кам сарфланади. Совитгич яхши ишлаганда совитилган клинкер температураси 50⁰ С дан ошмаслиги лозим.

Замонавий заводларда клинкернинг пишиш жараёни автоматик равишда кўзатиб турилади. Бу эса клинкер сифатини анча яхшилашга имкон беради. Бундан ташқари, автоматик кўзатиш клинкер ҳосил бўлиш жараёнларини бошқаришга имкон яратади ва технологик режимнинг бузилишига йўл қўймайди. Натижада меҳнат унумдорлиги ошади ва маҳсулот ишлаб чиқариш кўпаяди, Бундан ташқари, клинкерни куйдириш сифатини автоматик текшириб, жараённи керак томонга ўзгартириб туриш шлам, ёқилғи сарфини ҳамда печь барабаннинг айланиш тезлигини, яъни материалнинг барабан буйлаб ҳаракат тезлигини тегишлича ўзгартириш йўли билан печнинг ҳар бир зонасида доим бир хил температура ва газ режимини сақлашга ёрдам беради. Айниқса, таркибида C_3S кўп бўлган клинкернинг ҳосил

бўлишини тезлаштириш учун махсус қўшимчалар минерализаторлар (CaF_2 , Na_2SiF_6 ёки MgSiF_6 , Fe_2O_3 , гипс ва фосфогипс) қўшилади. Минерализаторлар фақатгина пишириш температураси ва эриган эритма қовушоқлигини камайтирмай, C_2S ва C_3S нинг ҳосил бўлишига ҳам каталитик таъсир кўрсатиб, улар кристалларининг шаклланишини тезлаштиради. Натижада температура $100\text{...}150^\circ\text{C}$ гача пасаяди. Бундан ташқари, фторид хом ашё таркибидаги ишқорий элементларни тутун газлари билан учириб юборишга ёрдам беради ва унинг клинкер таркибида қоладиган миқдорини анча камайтиради. Бу масала ишқори кўп бўлган хом ашёлардан клинкер олишда катта аҳамиятга эга. Фториднинг портландцемент таркибида қолган ишқорларнинг тишлашиш ва қотиш жараёнларига манфий таъсир кўрсатиши қуйироқда кўрилади.

Ўзбекистон Республикаси Фанлар академиясининг Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган ишлар сульфат тузларининг минерализатор сифатида портландцемент клинкерини олишда самараси катта эканлигини кўрсатди. Бу тузлар фторидлар билан биргаликда катта иқтисодий фойда беради.

Минерализатор таъсирида кальций карбонат диссоциацияси температураси пасаяди, юқори температурада ҳосил бўлган суюқликнинг қовушоқлиги камаяди ва унинг алит кристалланиш жараёнига таъсири сезиларли даражада кучаяди. Шунингдек, минерализаторлар клинкернинг таркибий қисмларига ҳам таъсир қилади: C_3A миқдори камайиб, C_{12}A_7 ҳосил бўлади ва бунда CaO ажралиб чиқиши ҳисобига алитнинг миқдори ортади.

Мамлакатимизда, илк бор Тошкентда янги бирикма $3(\text{CaO}\cdot3\text{Al}_2\text{O}_3)\cdot\text{CaSO}_4$ юқори температурада ҳосил бўлувчи кальций сулфоалюминат (Т.А.Рагозина) кашф этилди. У гипс ва фосфогипс минерализатор тарзида қўлланилганда оралиқ маҳсулот сифатида ҳосил бўлади. Бу туз (гипс) иштироқида анча паст температурада ҳам кўп миқдорда ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган $3\text{CaO}\cdot3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4$ —комплекс бирикма эса C_3A нинг юзага келишига ҳалақит беради. Бунда ажралиб чиққан кальций оксид C_2S нинг C_3S га қадар туйиниши учун сарф бўлади, гипсли аралашмаларда мазкур модданинг кўплиги шу билан боғлиқ.

Актив бўлмаган C_3A ўрнини $3\text{CaO}\cdot3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4$ маълум қисм C_2S нинг ўрнини C_3S эгаллайди. Натижада цемент активлиги ҳам ортади.

С.Д.Окороков ва С.Л.Голинко-Вольфсоннинг фикрича, фторидли аралашмада гипсни минерализатор сифатида ишлатиш яхши самара беради. Шу сабабли улар Al_2O_3 нинг клинкердаги бир оғирлик бирлигига CaSO_4 ва CaF_2 дан 0,7 оғирлик бирлиги қўшишни тавсия этдилар, бу эса куйдириш температурасини $50\text{...}70^\circ\text{C}$ га камайтириш ҳамда цементнинг мустаҳкамлигини 30...40% ва ундан кўпга ошириш, шунингдек, ишқорларнинг зарарли таъсирини йўқотиш имконини берди.

Портландцемент ҳам ашё аралашмасини куйдириш, жараёнида кимёвий реакцияларни тезлаштириш учун минерализаторлар (катализаторлар) ва бошқа махсус (легирловчи) қўшилмалар ишлатилади. Фтор ва кремний-фтор тузлари, гипс, фосфогипс ва бошқалар минерализаторлар қаторига киради. Фосфор, хром, титан оксидлари ва бошқалар кўпинча ҳам ашё материаллари таркибида бўлиб, улар табиий легирловчи аралашмалар деб юритилади, бундай аралашмалар билан ҳам ашё шихталарини ҳам сунъий бойитиш мумкин.

Фосфогипсни ҳам минерализатор ва легирловчи модда деб ҳисоблаш мумкин, чунки уларнинг таркибида фтор ҳамда фосфор аралашмалари бор.

Легирловчи қўшилмаларнинг таъсири цемент сифатини яхшиловчи клинкер минералларининг кристалланиш ва структурасининг шаклланиш жараёнларида сезилади. Бироқ ҳам ашё шихталари таркибидаги уларнинг зарурий миқдори ҳар бир заводда тажриба асосида белгиланиши ва муайян даражада чекланиши лозим.

Воскресенскдаги (Москва области) «Гигант» цемент комбинати шламидан клинкер ҳосил бўлиш жараёнига фосфогипснинг таъсирини ўрганган В.Д.Аникеев ва бошқаларнинг маълумотига кўра, шламга 1100, 1200 ва 1300°С температурада турли дозаларда фосфогипс аралаштирилса, у клинкер ҳосил бўлиш температурасини пасайтиради ва оҳакнинг бирикиш тезлигини оширади. Бу тадқиқотчилар кимёвий ва физик-кимёвий анализ усуллари билан фосфогипснинг гипсга нисбатан анча актив таъсир этишини кўрсатдилар.

П.П.Будников ва Л.А.Кройчук ҳам фосфогипснинг клинкер ҳосил бўлиши жараёнидаги минераллаштирувчи ролини кўрсатиб беришди, шунингдек, уларнинг фикрича бунда айланувчи печларнинг ичидаги ўтга чидамли қопламада (футеровка) бир текис сувоқ қатлами ҳосил бўлиб ундаги клинкер осонгина майдаланади, цемент маркаси эса «600» га қадар ортади.

Клинкер сувоқ фазасининг тузли эритма билан алмаштирилиши клинкер ҳосил бўлиш жараёнини анча тезлаштирувчи факторлардан биридир.

Тошкентдаги қурилиш материаллари ва лойihalаш илмий-тадқиқот институтида кальций хлорид тузли эритмаси иштирокида клинкер ҳосил бўлиш реакцияларининг механизм ва кинетикаси, шунингдек, паст температурада ҳосил қилинган клинкер минералларининг структура ва хусусиятлари борасида ўтказилган тадқиқотларнинг давоми сифатида айланувчи печларда портландцемент ҳам ашё аралашмасини кальций хлоридли тузли эритмада куйдириш шароитига мувофиқ термик парчалаш йўли билан олинган клинкерни тузсизлантириш жараёнини ўз ичига олувчи цемент клинкери ҳосил қилишнинг паст ҳароратли технологияси ишлаб чиқилди. Бундан ташқари, бу тадқиқотлар асосида олинган клинкернинг минералогик таркибини оптималлаш, ишлаб чиқариш шароитларида паст температура билан клинкер олиш имконини аниқлаш, шу клинкер асосида цементнит хусусиятларининг ўрганиш ва ҳосил бўлган

цементнинг гидратацияланиш жараёнларини ҳамда қурилиш учун хос хусусиятларини белгилаш мумкин бўлди. Портландцемент клинкерини пишириш температураси 300°C пасайди. Печнинг ишлаб чиқариш унумдорлиги 50% ошди. Печь футеровкаси устида яхши барқарор қатлам ҳосил бўлди.

Портландцементни қуруқ усулда ишлаб чиқариш усули кейинги йилларда кенг тарқалмоқда. Бу усулда хом ашё дастлаб қурилади, сўнгра қўшиладиган моддалари билан биргаликда туйиб майдаланади ёки бир вақтнинг ўзида ҳам қурилади, ҳам қуқунланади. Иккинчиси ҳозирги кунда кўпроқ учрайди. Ҳосил бўлган қуқунсимон хом ашё махсус силосларда яхшилаб аралаштириб турилади ва сақланади. Портландцементни қуруқ усулда ишлаб чиқариш кўп афзалликларга эга. Қуйдириб клинкер олинганда кечадиган физик-кимёвий жараёнлар деярли ўзгармайди, фақат технологияда анча ўзгаришлар юз беради.

Юқорида айтиб ўтилганидек, ҳўл усулда портландцемент ишлаб чиқаришда хом ашё компонентлари яхши аралашади ва хом ашё аралашмаси таркибини тўғрилаш осон бўлади. Шунинг учун бир кондан олинаётган хом ашё кимёвий таркиби жихатдан ниҳоятда хилма-хил бўлса, ҳўл усулдан, хом ашё таркиби бир хил ва унинг намлиги 10...15% бўлса қуруқ усулдан фойдаланилгани маъқул чунки иссиқлик-техник ва иқтисодий жихатдан кейинги усул афзал. Масалан, хом ашё айланма печларда қуруқ усулда қуйдирилаётган бўлса, ёқилғи ҳўл усулдагина нисбатан 20...30% кам сарфланади. Бундан ташқари, қуруқ усул яна шунинг учун ҳам афзалки, бу усулда анча тежамли печлар, масалан, циклонли иссиқлик алмаштиргичлар ўрнатилган айланма печлар ишлатиш мумкин.

Хом ашёда тошсимон аралашмалар кўп бўлса ҳам қуруқ усулдан фойдаланган маъқул, чунки ҳўл усулда хом ашёнинг анчагина қисмини шар тегирмонларда майдалашга тўғри келади. Бироқ, хом ашё материалларини бойитиш зарур бўлса, ҳўл усул қўллаган яхши. Масалан, гил кварц қуми билан, оҳактош эса гил билан кўп ифлосланган бўлса, аралашма таркибидаги силикат ташкил этувчи қум доналари гил чайқатгичларда майдаланади ва ажратиб ташланади.

Хом ашё материаллари ўрнида сувда осон ивийдиган материаллар, масалан, бўр ва гил ишлатилса, ҳўл усул қулай ҳисобланади. Чайқатгичларда майдалаш учун шар тегирмонларда майдалашга қараганда бир неча марта кам электр энергияси сарфланади, ишлатиш харажатлари ҳам анча кам бўлади.

Табиий нами жуда кўп бўлган хом ашё материалларидан фойдаланилганда ишлаб чиқаришни ҳўл усулда ташкил этган маъқул. Портландцемент ишлаб чиқаришда қайси усулдан фойдаланишдан катъи назар, унинг техникавий ва қурилишга хос хусусиятлари деярли бир хил бўлади. Келажакда цемент саноати футеровка мустаҳкамлигини ошириш, печларда

нссикликдан фойдаланишни яхшилаб, янада сифатли майдаловчи-жисмлар ишлатиш, печдан чиққан чангдан фойдаланиш, ремонт хизмати ишининг сифатини яхшилаш, асбоб-ускуналарнинг вақт ҳамда уни унумдорлиги бўйича нотекис ишлашига барҳам бериш, ремонт вақтини қисқартириш ва ҳоказолар, асосий фондлардан фойдаланиш кўрсаткичларини яхшилаш, капитал маблағларнинг самарадорлигини ошириш каби масалаларни амалга оширмоғи лозим.

Печнинг нисбий иш унумдорлигини ошириш мақсадида клинкер ҳосил бўлиш жараёнини тезлаштиришга куйдириш температурасини ошириш орқали эришиш мумкии. Бироқ айланувчи печларда температуранинг кўтарилишига футеровканинг барқарорлиги халқа ва катта кесак ҳамда гуваласимон маҳсулотлар ҳосил бўлиш хавфи монезлик қилади, айнаи вақтда температуранинг кўтарилиши иссиқликнинг нисбий сарфини оширади. Шунинг учун юқори температураларда клинкерни куйдириш имконини берувчи янги куйдириш аппаратлари зарур.

Юқори температурада клинкер олиш жараёни шу билан фарқланадики, хом ашё аралашмаси 1800...2000°Сгача тез қиздирилганда карбонатлар ҳамда гилли минералларнинг диссоциацияланиш даврлари оксидларнинг ўзаро таъсирлашув даврига мувофиқ келади.

Юқори температурада вужудга келадиган оксидлар ҳосил бўлиш вақтида жуда активлиги туфайли, бир-бири билан дарҳол ўзаро таъсирлашувга киришади. Бунда реакция оксидларнинг, дастлабки ҳосил бўлишидагига нисбатан анча тез кечади.

Янги куйдирилган клинкерни тез ва яхши совитиш муҳим бўлиб, бунинг учун жуда такомиллашган конструкцияли холодильниклар зарур. Тез куйдириш ва тез совитиш фақат меҳнат унумдорлигини оширибгина қолмай, балки цемент сифатини яхшилашда ҳам ҳал қилувчи роль ўйнайди.

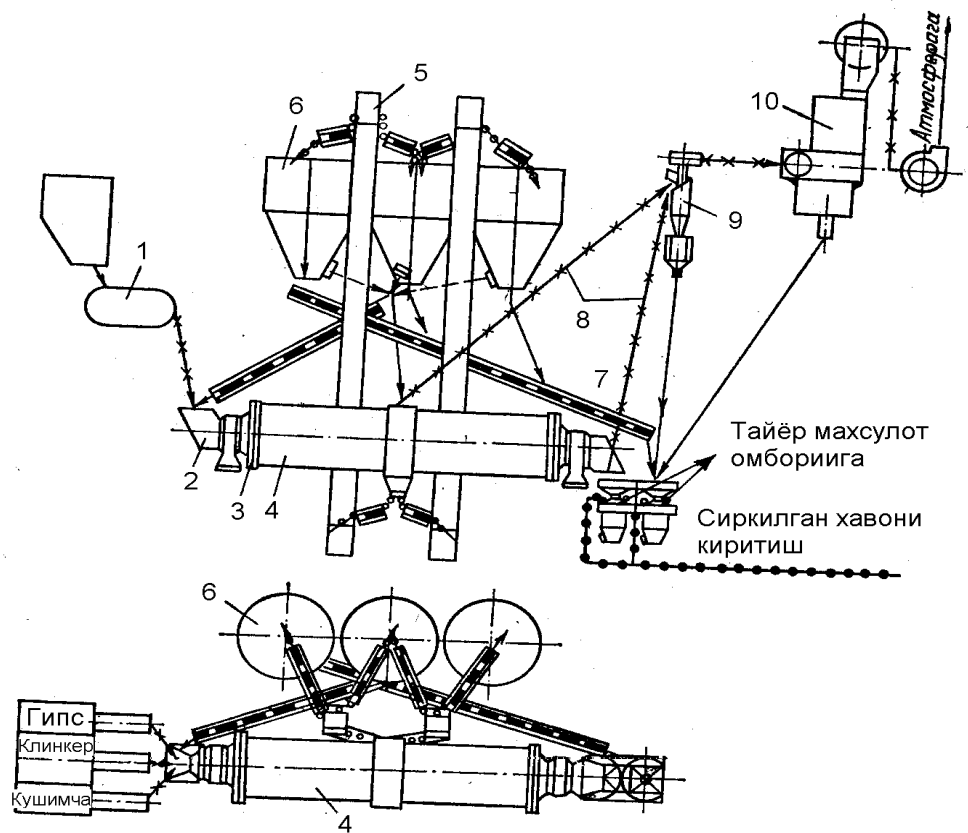
Клинкерни юқори температурада тез вақт ичида куйдириш усулида чиқаётган иссиқликдан қайта фойдаланиш катта аҳамиятга эга, бу ўз навбатида, ёқилғи сарфини камайтириш, шунингдек, ҳосил бўладиган маҳсулотнинг юқори сифатли бўлиш шартларидан бири-хом ашё аралашмасининг таркибий қисмлари ўртасидаги реакциянинг тугалланишини таъминлаш имконини беради.

Катта ўлчамли юқори иш унумига, эга бўлган айланувчи печлардан фойдаланиш, шунингдек, янги куйдирувчи қурилмалар ишлатиш, цемент сифатини ошириш, хилма-хил ихтисослаштирилган цемент турлари ишлаб чиқариш учун қўлланилаётган ўтга чидамли материалларнинг хусусиятларини яна ҳам яхшилаш узоқ вақт хизмат қиладиган ўтга чидамли материалларнинг янги турларини топишни талаб этади.

11- §. Клинкерни туйиш

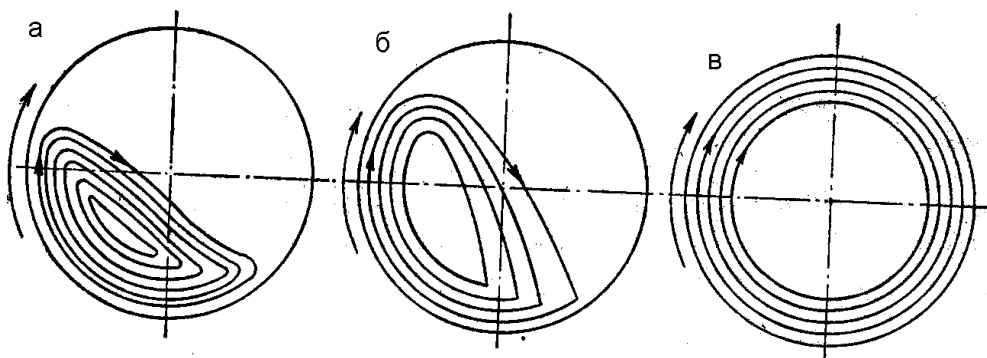
Портландцемент ишлаб чиқариш учун хом ашё аралашмасини куйдиришнииг ўзи кифоя эмас. Клинкер-бу ярим фабрикат ҳисобланади. Муайян техник хоссаларга эга бўлган портландцемент олиш учун клинкерни туйиш, унга гипс ва актив минерал қўшилмалар қўшиш керак.

Гидравлик қўшилмаларнинг кўпи ғовак,табiiй шароитларда жуда нам материаллар бўлади. Нам қўшилмалар ишлатиш эса мумкин эмас, чунки цемент майдаланаётган жинсларга ва тегирмон деворларига ёпишиб қолади, яъни яхши туйилмайди. Бундан ташқари, қўшилмалар таркибидаги озгина намдан цемент гидратланиб, зичланиб, босилиб қолади. Шунинг учун қўшилмалар туйиб куригилади.



13-расм. Сепаратор тегирмон қурилмасининг схемаси.

1-тарозили лентали дозатор, 2-қабул қилгич воронка, 3-солиналиган қопқоқ, 4-барабан, 5-элеватор, 6-сепаратор, 7-аэротарнов, 8-трубопровод, 9-циклон, 10-енгли филтрлар.



14-расм. Тегирмонда шарлар ҳаракатининг схемаси

Гипсли қўшилма сифатида икки молекула сувли гипс, яъни гипстош ишлатилади. Гипстош заводга одатда, йирик бўлақлар ҳолида олиб келинади. Гипстош жағли майдалагичларида майдаланилади, у одатда қуритилмайди. Бу қўшилмадан (кўпи билан 2...3%) қўшилади. Унинг умумий намлиги аралашмага унчалик катта таъсир қилмайди. Ҳамма қўшилмалар ва клинкер одатда бирга туйилади. Шунини айтиш керакки, тайёрланган клинкер қанчалик майда туйилса, портландцемент активлиги шунчалик юқори бўлади, у дастлабки муддатларда тезроқ қотади. Бетон ва темир-бетон буюмлар ишлаб чиқаришда бу жуда катта аҳамиятга эга. Бироқ туйиш жараёнининг техник-иқтисодий кўрсаткичлари, яъни туйиш учун электр энергиянинг кўп миқдорда сарф бўлиши ва тегирмон иш унумининг камайиб кетишини ҳам ҳисобга олиш керак.

Умуман портландцемент ишлаб чиқариш технологиясида туйиш энг кўп энергия сарфланадиган операциядан бири ҳисобланади. Шар тегирмонда майдаланган 1т портландцемент учун соатига 30 кВт ва ундан ортиқ электр энергияси сарфланади (13- ва 14-расмлар). Шунинг учун заводларнинг техник-иқтисодий кўрсаткичларига кўра, 008 номерли элакта 5...8% гача қолдик қоладиган қилиб туйилган портландцемент, 2...4% ва ундан кам қолдиқли тез қотувчан цемент ишлаб чиқаради. Бу ҳолда цементларнинг солиштирма сирти тегишлича 300...350 м²/кг ва 400...450 м²/кг га етади.

Ҳозирги вақтда туйиш жараёни техникасини яхшилаш, яъни нисбатан унумли ва тежамли аппаратлар ва технологик схемалар ишлатиш, шунингдек, махсус қўшилмалар (яхши туйдирадиган моддалар) ишлатиш билан материалнинг майда туйилишига эришилмоқда. Мавжуд шар тегирмонлар конструкцияси такомиллаштирилиб, янги унумли ва тежамлироқ агрегатлар яратилмоқда.

12-§. Портландцемент дисперслигининг унинг хосса ва хусусиятларига таъсири

Портландцементнинг кўп хоссалари, шунингдек, унинг активлиги, қотиш тезлиги ва бошқалари фақат клинкернинг кимёвий, минералогик таркиби, алит ва белит кристалларининг шакли ва ўлчамлари, у ёки бу қўшилмаларнинг мавжудлигидан ташқари, кўп даражада маҳсулотнинг майин тўйилишига, унинг донадорлик таркибига ва кукун заррачаларининг шаклига боғлиқ.

Цемент кукуни ўлчамлари асосан 5...10 мкм дан 30...40 мкм гача бўлади.

Цементларнинг солиштирма сирти ортган сари унинг мустаҳкамлиги ва қотиш тезлиги ортади, чунки заррачаларнинг актив сатҳи ўсади. Аммо бу кўрсаткичлар маълум дисперслик даражагача, яъни солиштирма сатҳи 700...800 м²/кг бўлгунча ортади. Бу чегарадан сўнг қотган цементтошнинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари одатда ёмонлашади. Шунинг учун цементни маълум даражагача (700...800 м²/кг) туйиш ва синовлар билан ниҳоятда майда туйишнинг цемент физик-механик хоссаларига таъсирини текшириб кўриш зарур. Совуққа чидамлилиги эса бундан ҳам паст солиштирма сатҳга (400... 500 м²/кг) эга бўлганда жуда ёмонлашиб кетади. Цемент кукуннинг турли ўлчамдаги зарралари цемент мустаҳкамлигига ва қотиш тезлигига (цемент қотаётганида) турлича таъсир кўрсатади. Шунинг учун цементларни характерлашда фақат унинг солиштирма сиртига эмас, балки унинг донадорлик таркибига ҳам эътибор бериш керак (21-жадвал).

Баъзи олимлар эса клинкерларни ўта даражада кукунлаштиришни тавсия қилмайдилар чунки ўлчамлари 1...3 ва ҳатто 5 мкм бўлган заррачалар ҳаво нами билан тез ва қисқа вақт ичида гидратланади ва материалнинг активлиги пасаяди ёки бундай ўта дисперс заррачалар сув билан қорилганда жуда тез гидратланади ва кейинчалик цементнинг қотишида иштирок этмайди деган фикрни билдирадилар.

Ҳозирда портландцемент қанчалик майда туйилганини аниқлашнинг икки усули бор:

- 1) иккита элакда элаш: юқоригиси 02 номерли, пасткиси 008 номерли;
- 2) цемент доналари солиштирма сирти ўлчанади (м²/кг ҳисобида).

Одатда, портландцементнинг қанчалик майда туйилгани 02 номерли элакдан эланиши ва 008 номерли элакда 5...8% қолдиқ қолишига қараб аниқланади. Шунда цементнинг солиштирма сирти 250...300 м²/кг га тўғри келади.

Амалда кукунлашнинг икки хил схемаси ишлатилади: очиқ цикл ва ёпиқ цикл. Клинкерни очиқ цикл бўйича туяётганда материаллар тегирмондан қўшимча ишловсиз бевосита тайёр маҳсулотлар омборига юборилади, ёпиқ циклда эса тегирмондан чиққан

материаллар сепараторларда эланади, цементнинг йирик доналари қайта туйишга юборилади, майдаси эса тайёр маҳсулотлар омборига жўнатилади.

Ёпиқ цикл бўйича туйиш анча такомиллаштирилган схема ҳисобланади. Цементнинг майда заррачалари ажратиб олинса, тегирмонинг иш унуми ошади, чунки майда заррачалари майдаловчи жисмларга ёпишиб қолганда, жисмларнинг уришиш кучи бўшашади: цементнинг жуда майда заррачалари ўз сиртида ҳавони адсорбциялайди ва майдаловчи жисмлар ҳамда тегирмон деворларида ҳосил бўлган ўзига хос «ёстик» майдаловчи жисмлар зарби ва ишқалаш таъсирини амортизациялайди. Майдаланаётган бутун массадан майда доналарни тинимсиз ажратиб туриш учун тегирмонга ҳаво юборилади. Ҳавонинг ҳаракат тезлиги тегирмондан маълум ўлчамдаги цемент заррачалари чиқадиган қилиб белгиланади. Худди шу ҳаво оқими ёрдамида цемент омборига (очик цикл бўйича туяётганда) ёки сеператорга (ёпиқ цикл бўйича туяётганда), сўнгра эса омборга юборилади. Узатилаётган чанг-ҳаво аралашмасидаги цемент заррачалари циклон ва фильтрларда тутиб қолинади.

Тўйиш интенсификаторлари. Бу моддаларни ишлатишда асосий мақсад жуда майда цемент заррачаларининг ўзаро ва майдаловчи жисмларга ёпишиб қолишга йўл қўймасликдир. Бундан ташқари, баъзи интенсификатор моддалар клинкер қаттиклигини камайтиради. Туйишга ёрдам берадиган моддалар сифатида антрацит, куя, ситр-актив қўшилмлар (совуннафт, сульфит-спирт барди (ССБ), петролатум, триэтанолламин, Петров контакти) ва бошқа моддалар ишлатилади.

Интенсификатор моддалар ишлатиш цементнинг туйилиш даражасини сақлаган ҳолда жараённинг кечиш муддатини қисқартириш ёки, аксинча, жараён муддатини сақлаган ҳолда материални яна майдалаб туйишга имкон беради.

Бу қўшимчалар цемент массасининг 0,02...0,5% миқдорда қўшилади.

С.М.Рояк ва бошқа тадқиқотчиларнинг фикрича триэтаноламин ва унинг ССБ билан 1:1 нисбатидаги аралашмаси (масса бўйича) жуда кучли интенсификатор бўлиб ҳисобланади. Буларни тегирмонинг биринчи камерасига 0,01...0,03% миқдорда жуда майда заррачали сувда эритма ҳолида берилади. Натижада тегирмонларнинг унумдорлиги 15% га ортади.

Интенсификаторларнинг тегирмонга солинадиган оптимал миқдори унинг ва кукунлаштирадиган материалнинг хоссасига, шунингдек, интенсификаторни солиш усулига ҳам боғлиқ.

Цементларни омборда сақлаш, қоплаш ва жўнатиш. Тайёр цемент заводларда ҳар бирининг сиғими 2500...10000 т гача бўлган диаметри 1...18 м ва баландлиги 25...40 м бўлган темирбетон силосларда сақланади. Цемент силосларининг умумий сиғими камида 10 суткалик ишлаб чиқарилган цементни сақлашига етарли бўлиши кўзда тутилади. Бундай катта омборлар эркин оҳакни ҳаво нами таъсирида батамом сўндириш мақсадида фойдаланишга ҳам керак. Бундан ташқари, тегирмондан цемент 100...150⁰С гача температурада чиқади ва силосларда 1...2 ҳафта давомида совийди.

Ҳар бир заводларда бундай силослардан камида тўртта бўлиши керак. Иккитасида цемент етилади ва совийди, учинчисига цемент тўлдирилади, тўртинчисидан олинади.

Заводда икки ва ундан ортиқ маркада цемент ишлаб чиқарилса, силослар сони кўпайтирилади.

Цемент қатламланиб қолмаслиги учун силослардаги цемент вақт-вақти билан сиқилган ҳаво ёрдамида ғоваклаштириб турилади. Бу эса силослардан цемент олишни ҳам осонлаштиради.

Цемент заводларида ишлаб чиқаришни текшириш. Замонавий цемент заводларида олинаётган хом ашё, ярим фабрикат ҳамда тайёр маҳсулот-цементнинг талаб қилинган сифатида бўлишни таъминлаш учун асосий жиҳозларнинг белгиланган технологик режимида ишлашига жуда жиддий эътибор қилиш керак. Шунинг учун ишлаб чиқаришни текшириш алоҳида аҳамият касб этади.

Хом ашё материалларини майдалаш даражаси ва майдаланган маҳсулот ўлчами ҳамда донаторлик таркиби белгиланганга қанчалик мос эканлиги текшириб турилади. Хом ашё туйиш цехида туйиш намлиги ва қанчалик майда туйилгани текширилади. Бир қанча хом ашё компонентлари бараварига майдаланаётганда ишланаётган аралашма таркиби белгиланган таркибга қай даражада мослиги текширилади. Тайёр маҳсулотни туйиш цехида ҳам шу тариха текширилади.

Пишириш цехида технологик режимида (пишириш температураси, материалларнинг печь зоналарида бўлиши муддатлари), тутун газлар температураси ва таркиби, ёқилғи ва пишириладиган материаллар сифати, пишириш натижаларига қандай роя қилинаётгани кузатиб борилади.

Хом ашё материаллари, ярим фабрикатлар ва тайёр маҳсулотлар сифати технологик жараённинг барча боскичларида-хом ашё заводга олиб келинган пайдан бошлаб тайёр маҳсулот жўнатилгунга қадар текшириб, кузатиб борилади.

Ишлаб чиқариш қуйидаги талабларга жавоб бериши керак:

- текшириш учун олинган намуна материалларнинг ўртача сифатига мос келиши лозим;
- намуна олинадиган жой тўғри танланиши ва технологик параметрлар тўғри аниқланиши шарт (температура, намлик, аралашмаларнинг ҳаракатчанлиги ва бошқа параметрлар);
- жиҳозларнинг иш режими текшириладиган жой тўғри танланиши керак;
- намуналарни такрор олиш вақти ва унинг миқдори тўғри танланиши лозим;

- текшириш жараёни иложи борича тўла автоматлаштирилган ва текширувчи приборлар масофадан туриб бошқариладиган бўлиши керак.

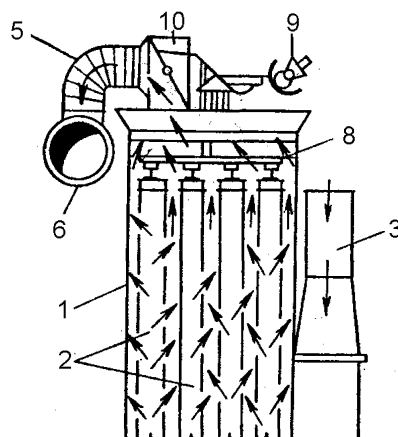
Ҳозирги кунда текшириш учун намуналарни автоматик йўл билан олинади.

Цемент заводларида меҳнат муҳофазаси. Цемент саноатида хом ашёни қандай қазиб олиш ва қайта ишлаш, хом ашё аралашмаларини пишириш, клинкерни кукунлаш, жуда кўп миқдордаги материални бир жойдан иккинчи жойга ва омборга ташиш ҳамда истеъмолчига жўнатиш каби мураккаб ва турли механизм, ускуналар билан жиҳозлангани ва кўп миқдорда электр двигателларнинг борлиги учун жиҳозларнинг хавф-хатарсиз ишлатилиши ва ишлаб чиқариш операцияларининг бажарилиши, шунингдек, ишлаш учун нормал санитария-гигиена шароитлари яратилишига доир асосий тадбирлар белгиланган бўлади.

Хавфсизлик техникасида жиҳозлар орасидан ўтиш учун нормал жой қолдирилган, майдончаларда бемалол ишлайдиган шароитнинг бўлиши, муҳофаза ғилофлари ва тусиқлар ўрнатилиши, кўчма электр жиҳоз ва асбоблар билан бехатар ишлаш учун зарур шароитлар яратилганлиги кўрсатилган бўлади.

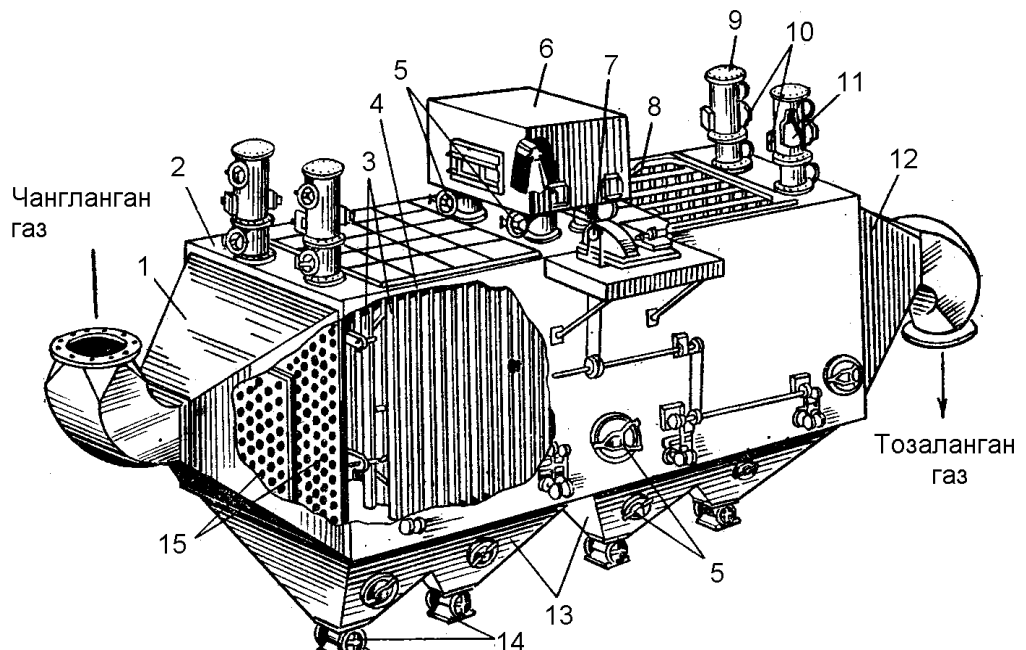
Санитария техникасига доир тадбирларни ишлаб чиқишда иситиладиган ва иситилмайдиган бинолар, ҳаво, чанг, бўр ва газлардан жуда ифлосланадиган жойлар ва ифлосланган ҳавони марказий тартибда сўриб олиб, ташқарига чиқариб юбориш тадбирлари қурилган. Хавфсизлик техникаси ва санитария техникаси бўйича белгиланган ҳамма тадбирлар технологик жараён билан узвий боғланган.

Чангларни ушлаш ва ҳавони тозалаш учун махсус асбоб-ускуналар ишлатилади (15- ва 16- расмлар).



15-расм. Енгил филтр схемаси:

1-металл корпус, 2- материалдан тикилган цилиндр шаклидаги енг, 3-трубопровод, 4-филтирнинг пастки қисми, 5-труба, 6-умумий трубопровод , 7-винтили транспортёр, 8-ҳар бир секциядаги енгларни осиб қўйиш учун мўлжалланган планка, 9-тебратувчи механизм, 10-заслонка.



16-расм. Горизонтал электрофильтр.

1-диффузор, 2-корпус, 3-коронловчи электродлар, 4-чангни ушлаб қолувчи электродлар, 5-люклар, 6,9-изоляциятор қутичалар, 7-тебратувчи механизмлар приводи, 8-монтаж люкнинг қопқоғи, 10-изоляцияторнинг электр йўли билан иситучи элементлари, 11-таянч-ўтказгич изолятор, 12-конфузор, 13- чанг учун мўлжаланган бункер, 14-секторли затворлар, 15-газ таксимлагич-тўр.

8-боб. ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНИНГ ҚОТИШИ, ХОССАЛАРИ ВА ИШЛАТИЛИШИ.

13-§. Цементнинг сув билан бирикиши ва ҳосил бўлган маҳсулотларнинг кимёвий таркиби

Портландцемент клинкер, гипс, актив минерал (гидравлик), шунингдек, бошқа қўшилмалар аралашмасидан иборат. Бу моддалар портландцементнинг қотиш жараёнида ва цементтош структурасининг ўзгаришида маълум даражада иштироқ этади. Аммо, юқорида айтиб ўтилганидек, портландцементнинг сифат кўрсаткичлари асосан клинкер миқдорига кўра аниқланади. Кўрсатилган жараёнларда майдаланган клинкернинг сув билан ўзаро таъсир этиши айниқса қатта аҳамиятга эга.

Майдаланган цемент клинкери ҳеч қандай аралашмасиз ёки қум ёхуд қум ва шағал билан сувда қорилганда, вақт ўтиши билан тишлашиб тобора мустаҳкамлана борадиган ва

тошсимон ҳолатга ўтадиган цементтошга, қоришмага ва бетонга айланадиган пластик хамир, қоришма ва бетон ҳосил бўлади.

Янги ҳосил бўлган кимёвий бирикмаларнинг таркиби цементларнинг кимёвий ва минералогик таркибига, шунингдек, реакция кетаётган муҳитда температуранинг ўзгаришига боғлиқ. Маълумки, оддий портландцементнинг клинкер қисми куйидаги фазалардан иборат (% ҳисобида):

Алит C_3S	45...60
Белит C_2S	20...30
Уч кальций алюминат C_3A (қисман $12CaO \cdot 7Al_2O_3$).....	5...12
C_4AF (альюмоферрит фазаси)	10...20
Шиша фазаси	5...15
CaO (эркин ҳолда)	0,5...1
MgO , эркин ва бошқа фазаларда	1...5
Na_2O+K_2O ишқорий фазаларда	0,5...1

Мураккаб таркибли портландцементнинг сув билан бирикишини ва янги ҳосил бўлган маҳсулотларнинг цемент физик-механик хоссаларига таъсирини аниқ билиш учун унинг ҳар бир компонентининг сув билан реакцияга киришишини кўриб чиқиб, сўнгра мураккаб жараён ҳақида тўла тушунчага эга бўлиши мумкин.

Алит-клинкерда Al_2O_3 ва MgO қўшимчаси билан бирга учрайдиган C_3S нинг қаттиқ эритмаси бўлиб, сув билан реакцияга киришганда атроф-муҳитнинг температурасига ва кальций гидроксиднинг концентрациясига боғлиқ ҳолда турли гидросиликатлар ҳосил қилади.

Одатдаги температура ва $Ca(OH)_2$ нинг эритмадаги концентрациясида CaO ҳисобланса, унинг миқдори 0,05...1,1 г/л гача бўлганда маълумотларга кўра C_3S нинг гидратацияси туфайли кам даражада кристалланган ўзгарувчан таркибли $CaO_{0,8-1,5} \cdot SiO_2 \cdot nH_2O_{2,5-1}$ гидросиликатлар ҳосил бўлади. Эритмада $Ca(OH)_2$ нинг концентрацияси қанча кам бўлса, ҳосил бўлган гидросиликатларнинг асослиги шунча паст бўлади. Бундай гидросиликатлар Богг $CSH(B)$ кўринишидаги умумий формула билан ёки Тейлор – $CSH(1)$ билан белгиланган.

Эритмада $Ca(OH)_2$ нинг концентрацияси тўйинган ва ўта тўйинган, $Ca(OH)_2$ нинг эрувчанлиги ошадиган (айниқса паст температурада) даражага етганда (масалан 10^0C да CaO нинг миқдори 1,25 г/л) C_3S метастабиль таркибли гидросиликат $CaO_{1,5-2} \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$ га айланади.

Богга кўра у C_2SH_2 формуласи билан, Тейлорга кўра $C_2SH(II)$ билан белгиланади. Бироқ қотувчи цемент хаамири аралашмасининг температураси $30...50^0C$ га етганда, шунингдек $Ca(OH)_2$ нинг эрувчанлигини камайтирувчи эритмада ишқорларнинг борлиги асосан $3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$ таркибли гидросиликатларни ҳосил қилишга имкон беради. Бу бирикма

CSH(B) группасига таалуқлидир. Шунинг учун яхши кристалланган тоберморит $C_3S_6H_5$ ҳам шу группага киради.

Агар цемент хаамирида асосан $3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$ ҳосил бўлади деб фарз қилсак, у холда C_3S нинг сув билан реакцияси куйидагича ёзилади.



Кўриниб турибдики, бу реакцияда уч кальцийли силикат гидрolitik парчаланиш натижасида кўп миқдорда эркин кальцийли гидрат оксид ҳосил бўлади. Бу гидрат цементош структурасини ўзгартириш билан бирга унинг сувда емирилишини тезлаштиради. Бу ҳолнинг олдини олиш усули куйида баён этилган.

CSH(B) группасидаги кальций гидросиликатлар қатлами кристаллик структурага эга бўлиб, турли миқдорда H_2O молекулаларини (2; 5; 1; 0,5) қатор орасида ушлаб туради. Бу сув эса кристалл текисликлари орасидаги бўшлиқдан буғланиб кетиши ва яна сингиб кириши мумкин. Натижада кристаллик тур киришади ва сув сингиб кирганда шишади. 2...2,5 молекула сувли гидросиликатлар одатдаги ва бир оз температура кўтарилганида ҳам барқарор туради. Температура $100^\circ C$ атрофида бўлганда гидрат сувнинг миқдори бир молекулагача камаяди, температура $250^\circ C$ гача ортса, сув молекуласи 0,5 қолади. $450 \dots 500^\circ C$ температурада гидрат структураси ўзгармасдан гидросиликатларнинг тўла сувсизланиши бошланади. $700 \dots 800^\circ C$ да тўр ўзгариб анчагина киришади ва натижада β -воластонит ҳосил бўлади.

CSH(B) ва C_2SH_2 группасидаги гидросиликатлар қалинлиги $20 \dots 30 \text{ \AA}$ икки-уч молекула қатлам атрофида, кенглиги $400 \dots 500 \text{ \AA}$, ўртача узунлиги 1 мкм га яқин жуда юпка барг каби ҳосил бўлади. Янги маҳсулот заррачаларининг солиштирма сатҳи: икки қатламнинг қалинлиги $376 \text{ м}^2/\text{г}$, уч қатламининг қалинлиги $252 \text{ м}^2/\text{г}$.

Кўп маълумотларга кўра янги маҳсулотларнинг, айниқса юқори асослиларнинг таркиби C/S нисбат (кўпи билан 1,3) билан ифодаланса, ичи бўш тола каби рулонга айланишга мойил бўлиб қолади. Толанинг ички ва ташқи сатҳига адсорбция кучлари таъсирида турли тезлик билан ушланиб турган сув молекулалари жойлашади. Вакуум ёки қиздириш вақтида сув бу оралик (бўшлиқ) лардан аста-секин буғлана бошлайди. Кристаллар таркибига кирувчи ва тўр қатлари орасига жойлашган ҳамда олдиндан қўшимча валентликлар билан бириккан сув молекулалари жуда катта қийинчилик билан бартараф этилади.

CSH(B) ва C_2SH_2 гидросиликатларни мунтазам равишда сув билан ишланса, $Ca(OH)_2$ эриб ювилиши ҳисобига улар тўла парчланади. Ювилмай қолган қаттиқ қисм асосан ғовак ҳолатдаги сувли қумтупрокдан иборат.

C_3S нинг юкори температуралардаги $50...100^\circ\text{C}$ гидратацияси юкорида айтиб ўтилган $CSH(B)$ ва қисман C_2SH_2 типдаги кальций гидросиликатларни ҳосил қилади. Шу гидросиликатларни эритмада $Ca(OH)_2$ нинг концентрациялари маълум миқдорга етганда белит ҳам ҳосил қилади. Бу ҳолда гелсимон $CSH(B)$ ва C_2SH_2 билан бирга $Ca(OH)_2$ ҳам ҳосил бўлади, аммо унинг миқдори C_3S гидратациялангандагига нисбатан кам бўлади. Бу, реакция маҳсули таркиб жиҳатдан C_3S гидролизи натижасида ҳосил бўладиган гидросиликатларга ўхшаш.

Замонавий маълумотларга кўра, C_2S нинг $175...200^\circ\text{C}$ температурадаги гидратацияси $Ca(OH)_2$; C_2SH_2 ; $C_2SH(A)$; $[(1,8...2,4) CaO \cdot SiO_2(1...1,25) \cdot H_2O]$ лардан иборат турли маҳсулотларни ва уч кальцийли гидросиликат $C_3SH_{1,5}$ ни ҳосил қилади. Кўрсатиб ўтилган гидросиликатларнинг қайсиси кўп ҳосил бўлиши температура, иссиқ-нам шароитда ишлов беришнинг вақтига ва бошқа факторларга боғлиқ.

β -икки кальций силикат 160°C температурагача гидратация жараёнида C_2SH_2 ни ҳосил қилади. Бу бирикма яна юқорироқ температураларда $C_2SH(A)$ га, Тейлор бўйича эса нинг α -гидратига ўтади.

C_3S ва C_2S нинг кварц қуми билан 10:30 ва 50:50 нисбатдаги аралашмаси $175...200^\circ\text{C}$ температурада 8...10 соат давомида иссиқ-нам шароитда ишлов берилганда $CSH(B)$ қум кам бўлганда $CSH(B)$ билан биргаликда $C_2SH(A)$ ҳосил бўлади.

$CSH(B)$ типдаги гидросиликатлар $150...200^\circ\text{C}$ температурада 10...20 мономер молекулалар қалинлигидаги пластинкадан иборат бўлади. Бу эса янги маҳсулотларнинг оддий температурада ҳосил бўлгандагига нисбатан солиштирма сатҳини жуда ҳам камайтириб юборади. Кристалланиш даражаси анча ортади.

Уч кальций алюминат C_3A одатдаги шароитда гидратацияланганда олдин метастабил гексагонал пластинкасимон бирикма- $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot (10...12)H_2O$ ҳосил бўлади. Аммо бу модда икки кальций ва тўрт кальций гидроалюминатларнинг эквимоляр нисбатдаги аралашмасидан иборат деб тахмин қилинади. Бу фаза нисбатан паст температураларда ва намлик камроқ бўлган муҳитда бир қисм гидрат сувни йўқотади ($10...8 H_2O$ гача) 105°C температурада гидрат сувнинг миқдори $6...8H_2O$ гача камаяди. Сув эритмасидан $Ca(OH)_2$ нинг концентрацияси кўпи билан CaO ҳисобида 1,08 г/л бўлса, юкорида кўрсатилган фаза аста-секин $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 13H_2O$ га айлана бошлайди.

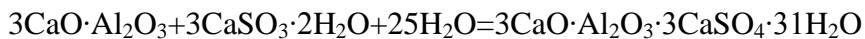
Тўрт кальций гидроалюминат $19H_2O$ ҳолида ҳам ҳосил бўлиши мумкин, Бирок нисбий намлиги 80% атрофида бўлган муҳитда гидрат сувининг миқдори $13H_2O$ гача камаяди, бу эса гидратнинг киришувига сабабчи бўлади.

25⁰С температурадан юқорида гексагонал пластинкасимон фаза C_3AH_{12} , 105⁰С да барқарор кубиксимон $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ га ўтиш қобилиятига эга бўлади. 275⁰С ва ундан юқори температурада бу бирикма $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 1,5H_2O$ га айланади.

Эритмада CaO нинг концентрацияси камида 0,25...0,35 г/л ва температурали 20⁰С га яқин бўлганда $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ парчаланиб $Ca(OH)_2$ ва $Al(OH)_3$ — гиббситлар ҳосил бўлади. C_3A автоклавларда иссиқ сув билан ишланганда 215⁰С гача барқарор $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ га ўтади.

C_3A нинг майин қилиб туйилган кварц қум билан аралашмасига (масалан оғирлиги бўйича 1:1 нисбатда) автоклавда (175...200⁰С) ишлов берилса умумий формуласи $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot (6-2x) H_2O$ кўринишидаги гидрогранат ва тоберморит [CSH(B)] ҳосил бўлади. Одатда $x=0,3...0,5$. Тоза C_3A шундай автоклав ишловидан сўнг мустаҳкамликка деярли эга булмайди, унинг қум билан аралашмаси эса катта мустаҳкамликка эга.

C_3A сув ва гипсининг турли модификациялари иштирокида одатдаги температурада гидратланиб гидросульфоалюминат деб аталувчи комплекс бирикма $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot (30...32)H_2O$ ҳосил қилади. Бу бирикма гидросульфоалюминатнинг юқори сульфатли шакли деб ҳам аталади. У одатда $Ca(OH)_2$ нинг тўйинган эритмасидан қуйидаги реакция бўйича ҳосил бўлади:



Табиатда учрайдиган бундай таркибли минерал модда *эйтрингит* деб аталади.

$Ca(OH)_2$ ва кальций сульфатнинг паст концентрацияларида асосан гидросульфоалюминатнинг бир сульфатли формаси ҳосил бўлади. У кўпинча $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 13H_2O$ билан қаттиқ эритма ҳосил қилади, унинг формуласи қуйидагича:



Сувли эритмаларда кальций оксиднинг миқдори 0,027 г/л дан кам бўлса уч сульфатли формадаги гидросульфоалюминат барқарор бўлмайди.

70...110⁰С температурада уч сульфатли формадаги гидросульфоалюминат аввалги сувнинг миқдори 8...10 H_2O бўлгунча дегидратланади, сўнгра эса бир сульфатли формаси ва гипс ҳосил бўлгунча парчаланadi. Гидросульфоалюминатларнинг иккала формаси ҳам автоклав ишловида (175...200⁰С) C_3AH_6 , ярим молекула сувли гипс ва ангидрид ҳосил қилиб парчаланиб кетади. Уч сульфатли форма магний сульфат ва ишқорий карбонатлар таъсирида парчаланadi, аммо натрий ва кальций хлор тузларининг эритмасида барқарор туради. Уч сульфатли форманинг зичлиги 1730 $кг/м^3$ (25⁰С температурада), бир сульфатли форманинг зичлиги эса 1950 $кг/м^3$ (20⁰С температурада). Биринчиси кўпинча нинасимон кўринишдаги кристаллар, иккинчиси гексагонал пластинкалар ҳолида ҳосил бўлади.

Таркиби ва структурасига кўра гидросульфоалюминатларга ўхшаш бошқа сульфо-, карбо-, хлоралюминат деб аталувчи комплекс бирикмалар ҳам бор, улар қуйидагилар:

$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_3\cdot 12\text{H}_2\text{O}$; $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_3\cdot 31\text{H}_2\text{O}$ -гидросульфоалюминат,

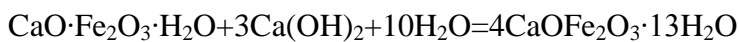
$3\text{CaOAl}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCO}_3\cdot 12\text{H}_2\text{O}$; $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaCO}_3\cdot 31\text{H}_2\text{O}$ -гидрокарбоалюминат,

$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCl}_2\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ -гидрохлоралюминат кальций ва бошқалар.

Алюмоферрит фазаси сув билан қуйидаги реакцияга киришади:



Аммо кўп микдордаги сув таркибида $\text{Ca}(\text{OH})_2$ нинг бўлиши бир кальций гидроферритнинг тўрт кальций ферритли гидратга қуйидаги реакция бўйича айлантиради.



Целиг ва ферритли цементлар таркибида икки кальций цементлар таркибида икки кальций феррит бор. У гидратацияланганда икки кальций гидроферрит $2\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ ни беради. Бу бирикма $\text{Ca}(\text{OH})_2$ эритмаларида $3\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ га айрим маълумотларга биноан эса $4\text{CaOFe}_2\text{O}_3\cdot 13\text{H}_2\text{O}$ га ўтади.

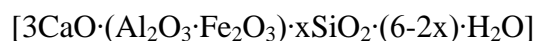
Шуни ҳам таъкидлаб ўтиш керакки, C_4AF сув билан реакцияга киришганда хоссалари ва таркиби жиҳатдан гидратацияланаётганда ҳосил бўладиган C_3A га ўхшаш олти молекула сувли кальций гидроалюминат ҳосил бўлади.

Кальций гидроферрит асосининг бу каби, бир кальций ферритдан уч ва тўрт ферритгача ортиши, яъни CaO нинг кўпайиши кальций гидроалюминатларга ҳам хосдир. Минерал асоси ортганда эса унинг сув-нам шароитлардаги барқарорлиги анча пасайиши мумкин. Шунинг учун муайян шароитларда ишлатиладиган бетон конструкцияларга мўлжалланган цементлар танланганда минераллар таркибининг ана шундай ўзгаришини ҳисобга олиш зарур.

Клинкер минералларининг сув билан ўзаро таъсир этишиш жараёни ҳамма вақт бир хил тезликда ўтаверади. C_3A сув билан анча тез таъсир этишади, C_4AF эса бир мунча секинроқ, C_3S ундан ҳам секин, C_2S жуда суст таъсир этишади.

Уч ва тўрт кальций гидроалюминат ва гидроферритларнинг бир хил таркиблиси бир вақтнинг ўзида ҳосил бўла бошласа, умумий формуласи $3\text{CaO}\cdot(\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3)\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ва $4\text{CaO}\cdot(\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3)\cdot 13\text{H}_2\text{O}$ бўлган қаттиқ эритмалар ҳосил бўлади.

Гидроферритлар гидроалюминатлар сингари гипс ва кальций хлор билан комплекс бирикмалар [$3\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot(30-32)\text{H}_2\text{O}$ ва $3\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$] ҳосил қилади. Туйилган қум билан $175\dots 200^\circ\text{C}$ температурада гидрогранатларни



ва шунингдек $\text{CSH}(\text{B})$ типдаги гидросиликатларни ҳосил қилади. C_2F ҳам автоклавда иссиқ нам ишловга учратилса, худди шундай жараён намоён бўлади.

Цемент шиша фазаси сув билан бирикса C_3AH_6 ва CFH_6 нинг қаттиқ эритмалари ва автоклав шароитида гидрогранатлар ҳосил бўлади. Цементлар таркибидаги эркин CaO ва MgO сув билан реакцияга суи киришиб гидратланади, уларни ҳар бирининг миқдори 1% дан ортиқ бўлса, ҳажми нотекис ўзгаради. Бу эса қотиб қолган цементтош ичида кучли кучланишлар пайдо бўлишига сабабчи бўлади.

Цемент таркибидаги алюминат, алюмоферрит ва шиша фазасидаги Na_2O+K_2O сув билан реакцияга киришганда унда эриб $NaOH$ ва KOH ҳосил бўлади. $CaSO_4$ иштирокида ишқорлар у билан реакцияга киришиб Na_2SO_4 ва K_2SO_4 ни беради. Натрий ва калий ишқорлари сувда $Ca(OH)_2$ нинг концентрациясини пасайтириб, белвосита вужудга келадиган кальций гидросиликатларнинг таркибига таъсир кўрсатади. Одатда цемент хамирининг сувли эритмасида ишқорларнинг умумий миқдори 1% дан ортмайди.

Икки молекула сувли гипс портландцементга, цементнинг тишлашиш муддатларини узайтириш мақсадида клинкерни туяётганда қўшилади. Туйиш пайтида тегирмонда материалнинг температураси анчагача кўтарилади, натижада икки молекула сувли гипс, ярим молекула сувли гипс ва эрувчан ангидридга айланади. Булар сув иштирокида тезлик билан икки молекула сувли гипсга айланади. Цемент таркибидаги гипс билан бирга сувда қорилганда у клинкер таркибидаги алюминат ва алюмоферритлар билан мураккаб реакцияларга киришиб, юқорида айтиб ўтилган комплекс бирикмаларни ҳосил қилади.

Портландцементнинг сув билан реакцияга киришиб, бирданига цемент таркибига кирувчи айрим минералларнинг ва фазаларнинг гидратацияси ва гидролизидан бошланади. Биринчи навбатда сув билан C_3A реакцияга киришиб, умумий таркибли гидроалюминатлар аралашмасини (C_3AH_{10-12}) ва сўнгра, C_4AF нинг гидратини ҳосил қилади. C_3S бир мунча суи гидратланади ва гидролизланади. У сувни $Ca(OH)_2$ га тўйинтириб боради. Белит эса сув билан ўта суи реакцияга киришади. Аини бир вақтда мураккаб иккиламчи реакциялар ҳам кетади. Улардан айримлари уч сульфат формадаги гидросульфоалюминат ва гидросульфоферритларни ҳосил қилади. Бу бирикмаларнинг қаттиқ эритма ҳолда ҳосил бўлиши суи муҳитда $Ca(OH)_2$ ва $CaSO_4$ нинг концентрацияси юқорилигини кўрсатади. Умумий таркибли гидросульфоалюминатлар $C_3(AF) \cdot 3CaSO_4(30-32) \cdot H_2O$ ёмон эрувчанлиги туфайли ўта майда дисперс заррачали қаттиқ фаза ҳосил қилади. Бу заррачаларни баъзан микроскоп орқали ҳам кўриб бўлмайди. Кейинчалик системада кальций сульфатнинг миқдори камайиб бориши туфайли, уч сульфатли фаза аста-секин бир сульфатли фазага аини шу вақтнинг ўзида таркиби $C_3(AF) \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O$ ва $C_4(AF) \cdot 13H_2O$ дан ташкил топган мураккаб қаттиқ эритмали бирикмаларни ҳосил қилади. Ҳаводаги CO_2 нинг иштирокида қисман $C_3A \cdot CaCO_3 \cdot 12H_2O$ ҳам ҳосил бўлиши мумкин.

Портландцемент дастлаб сув билан бирикканда серсув гидратли бирикмалар $2\text{CaOSiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$; $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ ва бошқалар ҳосил бўлади. Вақт ўтиши билан аста-секин қотиш жараёнида кўрсатилган бирикмалар парчаланиб портландцемент кам сувли гидратларга, жумладан $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$; C_3AH_6 ; $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ га ўтади. Шундай қилиб, қаттиқ моддалар сувнинг ажралиб чиқиши ва қайтадан унинг янги бирикмалар ўртасида тақсимланиши иссиқликнинг ютилиши ва фазалар абсолют ҳажмларининг ўзгариши содир бўлади.

Цементларнинг юқори температураларда қотиши ҳам кам сувли гидратларни ҳосил бўлишига сабаб бўлади. Бу эса цементтош микроструктурасининг ғоваклилигини оширади. Портландцемент сув билан одатдаги ва юқори температураларда (100°C гача) реакцияга киришганда янги маҳсулотлар (айниқса кальций гидросиликатлар) жуда ҳам майда дисперс кристалл заррачалар кўринишида ҳосил бўлади. Улар гелсимон фазаларга киради. Уларни рентген структур анализ ёрдамида ва электрон микроскоп орқали аниқлаш мумкин. Оптик микроскоп уларни ажратиб ололмайди. Кальций гидрат оксид ва кальций гидросульфоалюминат кристаллари анча йирик ўлчамларгача (кўпи билан 0,5 мкм) ўса олади. Уларни оддий микроскоп билан аниқлаш мумкин. Автоклавда, айнақса узоқ вақт давомида ва юқори температурада ишлаш натижасида янги ҳосил бўлган маҳсулотлар заррачаларининг ўлчами кескин ортади. Бундай заррачаларни оптик микроскопда аниқлаш мумкин.

Аниқланишича, цементлар гидратациясининг субмикрокристалл маҳсулотлари бир-бири билан қаттиқ эритмалар ва аралаш кристаллар ҳосил қилишга мойил, бу ҳол таркиби мураккаб ва ўзгарувчан бўлган кўп фазалар ҳосил қилади. Шу нарса маълумки C_2S ва C_3S нинг эрта гидратацияланишида таркиби жихатидан яқин бўлган кальций гидросиликатлар ҳосил бўлади, C_3S нинг гидратацияси мобайнида эркин ҳолда ажралиб чиқадиган $\text{Ca}(\text{OH})_2$ кристаллари қотаётган массанинг микротўлдиргичи вазифасини бажаради, яъни C_2S ва C_3S бир хил даражада гидратацияланадиганда улардан ҳосил бўлган мономинерал тошларнинг мустаҳкамлиги бир-бирига яқин бўлиши керак. Хлорид, сульфат нитрид, карбонат, фторид ва бошқа тузлар синфининг цемент гидратацияси ва қотишига таъсири ҳақидаги маълумотлар муттасил кенгайиб бормоқда. Ва, Р, S, Сг, Мп, Тi нинг маълум миқдорида модификацияланган клинкерлардан олинган цементлар, одатда, юқори даражада гидратация активлигига эга бўлади.

14- §. Кальций гидросиликатлар

Автоклав материаллар технологиясида кальций гидросиликатлар ҳозирча биринчи даражали аҳамият касб этмоқда. Аслида эса автоклав қурилиш материаллари ишлаб чиқариш кальций гидросиликатларнинг техник синтезига асосланади.

Ҳозирга қадар кальций гидросиликатларнинг 28 тури, жумладан, 11 та табиий минерали маълум. Бундан ташқари, ҳали таркиби аниқланмаган бир қанча фазалар ҳам бор.

Гидросиликатлар сувда деярли эримайди (22-жадвал). Кальций силикатлар 100°C дан паст температурада гидратацияланганда яхши кристалланмаган янги ҳосилалар вужудга келади; бунга қотган цемент ҳамири мисол бўла олади. Муайян кальций гидросиликат кристалларини ҳосил қилиш учун керакли аралашма таркиби ҳамда ўзига хос гидротермал шароитлар бўлиши керак. Шунини таъкидлаш лозимки, бунда тажриба баъзан 1000 соат давом этади, температура эса $500\text{--}1000^{\circ}\text{C}$ га етади. Шунга қарамай, кальций гидросиликатлар кристалларининг катталиги одатда $10\text{--}30$ мкм бўлади, бу ҳол уларнинг таркиби, структураси ва хоссаларини ўрганишни мураккаблаштириб юборади. Н.В.Белов бир қанча кальций гидросиликатларнинг хоссаларини (ксонотлит, гиллебрандит, тоберморит ва бошқалар) изоҳлаб берди.

22-жадвал

25 $^{\circ}\text{C}$ температурали сувда кальций гидросиликатларнинг эриши

Гидросиликатлар	1 л сувга гидросиликатларнинг грамольда эриши	1 л сувда CaO нинг миллимольда эриши
Гиллебрандит	$9,69 \cdot 10^{-4}$	23,84
Фошагит	$11,8 \cdot 10^{-4}$	9,46
Ксонотлит	$2,08 \cdot 10^{-4}$	1,25
Тоберморит	$1,8 \cdot 10^{-4}$	1,8
Гиролит	$4,7 \cdot 10^{-4}$	1,9
Окенит	$5,6 \cdot 10^{-4}$	1,75

Кальций гидроалюминатлар одатдаги температураларда ҳосил бўлади, юқори температураларда эса уларнинг барқарорлиги паст, шунинг учун кальций алюминатлар кўп бўлганда автоклав ишлови беришга алоҳида зарурат қолмайди. Куйида меъёрда қотиш ва

автоклав ишлови беришда гидратланган клинкер минералларининг мустаҳкамлиги хақида маълумотлар келтирамиз (23-жадвал).

Жадвалдан кўришиб турибдики, клинкер материалларининг қотиш шароитлари цементтошнинг мустаҳкамлигига таъсир этади. Юқори босимли буғ таъсирида кўпинча гидросиликатлар мустаҳкамлигининг ортиши ва кальций гидроалюминатлари мустаҳкамлигининг пасайиши кўзатилади. Табиий гидротермал маҳсулот давомли геологик вақт мобайнида мукамал кристалланишга эришади, бу ҳол асосан барқарор минераллар ҳосил бўлишини таъминлайди. Технологик синтез маҳсулотлари эса нихоятда қисқа вақт мобайнида вужудга келади. Техник-иктисодий факторлар доим ишлаб чиқариш жараёнини тезлаштиради, бу кўпинча ўз хоссаларини вақт ва хизмат шароитларига боғлиқ равишда ўзгартирувчи метастабил маҳсулотлар ҳосил бўлишига олиб келади.

Шуни таъкидлаш керакки, табиий минераллар (кальций гидросиликатлар) йирик конлар тарзида учрамайди, уларнинг айримлари эса шу қадар кам учрайдики, улар ҳатто илмий тадқиқотлар учун ҳам етарли бўлмайди.

Н.В.Белов гидросиликатларда тетраэдрларнинг бир қисмини $(\text{SiO}_2)^{4-}$ тенг қийматли ва тенг ҳажмли группаларга $(\text{OH})^{4-}$ қайтарма алмаштириш мумкинлигини, кўрсатиб берди. Унинг фикрича, гидросиликатлар структураси асосида бир устун кальций октаэдрлар ва икки устун кальций призмаларидан ташкил топган волластонитли блок ётади. Ана шу блок бўйлаб кремний кислотадли тетраэдрларнинг бир-бири билан боғлиқ бўлмаган икки занжири жойлашади. Сувсизланганда кўпчилик гидросиликатларнинг x ёки $\beta = \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ шакли ҳосил бўлади. Оз сонли минералларгина дегидратация вақтида β ёки $\gamma = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ҳосил қилади. Фақат афвиллит— $\text{Ca}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}[\text{SiO}_3(\text{OH})]_2$ бу ҳодисадан мустасно. Унинг структураси тетраэдрлар занжиридан тузилган бўлмай, балки SiO_3^{2+} оролсимон радикалдан иборат.

Кальций гидросиликатларни кальций силикатларнинг гидратлари дейиш мумкин. Айрим гидросиликатларда, сув турлича боғланган бўлади: OH , H_2O -гидратли, кристаллик, цеолитли. Шунинг учун уларнинг дегидратацияси ҳам турличадир.

Кўпгина манбаларга асосланган ҳолда Тейлор кальций гидросиликатларнинг куйидаги асосий группаларини белгилади.

1. Структурасига кўра волластонитга яқин бирикмалар: некоит, окенит, ксонотлит, фашогит, геллебрандит.
2. Тоберморитли
3. Гидролитли: гидролит, трускоттит, Z-фаза (Ассарсон).
4. $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ структурасига кўра яқин бирикмалар: кальций хондродит (гидрат $\gamma\text{-C}_2\text{S}$).

5. Бошқа кальций гидросиликатлар: афвиллит, гидрат C_2S , Y-фаза.

Волластонит группаси. Бу группага некоит, окенит, ксонотлит, фошагит ва гиллебрандит киради. Ану шу бирикмаларнинг ҳаммаси учун $7,3 \text{ \AA}$ яқин текисликлараро масофа хос. Шунингдек, волластонит учун бир йўналишда такрорланаверадиган $7,3 \text{ \AA}$ га яқин текисликлараро масофа характерли, бу эса мазкур группа гидросиликатларни гидратланган волластонит дейишга имкон беради. Волластонит структурасида метасиликат занжирлар шундай боғланганки, унда ҳар учинчи тетраэдр такрорланади. Шунга кўра уларни уч қиррали дейиш мумкин. $Si=O$ элементлар волластонит структурасида ўқ бўйлаб ҳар $7,3 \text{ \AA}$ да, $Ca=O$ элементлари эса ҳар $3,65 \text{ \AA}$ да такрорланади.

Некоит $C_3S_6H_6$ ва окенит CS_2H_2 $800^{\circ}C$ температурада бир қанча ўзгаришлардан сўнг улар волластонитга айланади.

Ксонотлит гидротермал шароитларда $150...400^{\circ}C$ температура оралигида реакцияга мойил турли материаллардан $CaO \cdot SiO_2 - 1:1$ шароитда осон синтез қилиб олинади. Бу бирикма $374^{\circ}C$ критик нуктага қадар сув буғида тўйинган мухитда, шунингдек, қизитилган буғда ҳосил қилинган. Н.Н. Белов фикрича, ксонотлит таркиби $Ca_6(Si_6O_{17}) \cdot (OH)_2$ формуласига мос келади.

Н.В.Белов бўйича Ca катионларининг $\frac{1}{3}$ қисми кислород октаэдрларида бўлади, $\frac{2}{3}$ қисми тригонал призмаларда боғланган, шуниси қизиқки, призмалар ўз қирралари билан Ca дан иборат октаэдрларга туташади ва бу блок икки ксонотлит лентаси оралигида жойлашади. Баъзан ленталар труба шаклида ўралади, бунда мустаҳкамлик ортади. Ксонотлит қарийб $700^{\circ}C$ температурада парчаланиб, волластонит ҳосил қилади. У табиатда силикат ғишт таркабида учрайди.

Фошагит - $\text{Ca}_4(\text{Si}_3\text{O}_9) \cdot (\text{OH})_2$. Бу модда Тейлор бўйича илк бор Флинт томонидан тегишли таркибли шишада $300 \dots 350^\circ\text{C}$ температурада тўйинган буғ мухитида синтез қилинган. Кейинчалик уни кўпгина тадқиқотчилар турли шароитларда хилма-хил асос материаллардан синтез қилиб олганлар. Фошагит учун нинасимон ва толали кристаллар хосдир. У 700°C температурада парчаланиб, волластонит ҳосил қилади.

Гиллебрандит C_2SH (бундан кейин гидросиликат белгиси шу системага доир адабиётларнинг кўплиги туфайли Богг бўйича ифодаланади). Турли тадқиқотчилар ишлатадиган кальций гидросиликатлар белгилари жуда хилма-хил бўлиб, айниқса юқори босимли буғ таъсирида олинган маҳсулотларда бу белгилар кўпинча бир-бирига тўғри келмайди. Богг бошқа авторлар қабул қилган номлардан фарқ қиладиган куйидаги 24-жадвалда келтирилган систематик номенклатурани тавсия этди.

24-жадвал

Таркиби	Таклиф этилган номлар			
	Торвальдсон	Бэссе	Тейлор, Тейлор ва Бэссе	Богг

$C_2SH_{0,9-1,25}$	C_2S -гидрат I	$C_2S\alpha$ -гидрат	$C_2S\alpha$ -гидрат	$C_2SH(A)$
$C_2SH_{1,1-1,5}$	C_2S -гидрат II	$C_2S\beta$ -гидрат	$C_2S\beta$ -гидрат	$C_2SH(B)$
$C_2SH_{0,3-1}$	C_2S -гидрат III	$C_2S\gamma$ -гидрат	$C_2S\gamma$ -гидрат	$C_2SH(C)$
$C_2SH_{0,67}$	-	-	$C_2S\sigma$ -гидрат	$C_2SH(D)$
C_2SH_{2-4}	-	-	C_2SH (II)	C_2SH_2
$CSH_{1,1}$	-	-	флинт CSH	$CSH(A)$
$C_{1-1,5}SH_{1-2,5}$	-	-	$CSH(I)$	$CSH(B)$

Гиллебрандит - табиий минерал бўлиб унинг хоссалари яхши ўрганилган. У тегишли таркибдаги оҳак ва қумтупроқ аралашмасидан $150...250^{\circ}C$ температурада тўйинган сув буғида ишлов бериб синтез қилинади. Гиллебрандит $520...540^{\circ}C$ температурада дегидратацияланади. Унинг Белов ва Мамедов белгилаган структур формуласи $Ca_{12}(Si_6O_{17}) \cdot (OH)_4 \cdot 12Ca(OH)_2$. Гиллебрандит CO_2 таъсирида парчаланиб $CaCO_3$ ва аморф SiO_2 ҳосил бўлади. Бу ходиса сунъий ҳосил бўлган C_2SH нинг барчасида кузатилади, унинг куйидаги формалари мавжуд:

$C_2SH(A)$ —табиатда маълум эмас, механик мустаҳкамлиги паст, чунки у битишиб кетиши қийин бўлган пластинкалар ҳосил қилади;

$C_2SH(B)$ —сунъий гиллебрандит;

$C_2SH(C)$ —табиатда маълум эмас, гидратация ходисасида вужудга келади;

β ва $\gamma=C_2S$, $R_{сик} = 1,4...2,0$ МПа, $R_{этил} = 2,4...2,8$ МПа,

$R_{этил} > R_{сик}$, бу ҳол унинг структураси толали эканини кўрсатади.

Соф маҳсулотларни тадқиқ қилишда олинган натижалар оддий хом ашёдан олинган натижаларга доим мос келавермайди. Масалан, таркибида 80% C_2S бўлган нефелин шлами автоклав ишлови натижасида $C_2SH(C)$ ҳосил қилади ва буғ босими $0,8...1,2$ МПа бўлганда $R_{сик} = 15,0...40,0$ МПа, янада юқориқ босимда эса яна ҳам каттароқ бўлади. Сочилма домна тошқоли $\gamma=C_2S$ дан иборат бўлиб, бироқ $R_{сик} = 10,0...30,0$ МПа. Шундай қилиб, техникавий системаларда $C_2SH(C)$ ҳосил бўлиши табиий гиллебрандитга нисбатан бошқача, кўпинча яхшироқ натижалар бериши мумкин.

Тоберморитлар группаси. Бу группага одатда ишлаб чиқариш шароитида портландцемент гидратациясида ҳосил бўладиган барча кальций гидросиликатлар киради. Шунингдек, мазкур группа тахминан $C_5S_6H_n$ таркибли кристалл ва аморф гидросиликатларнинг бир қанча фазаларини ўз ичига олади. Табиатда C_5SH_3 —риверсайдит, $C_5S_6H_{5,5}$ —тоберморит, $C_5S_6H_{10,5}$ —пломбиерит учрайди.

Тоберморитларнинг барчаси ОН группаси ва ҳар хил миқдорда H_2O га эга. Улар структурасига кўра монтомориллионит гиллари ва вермикулитни эслатади. Сув турли ораликдаги қатламлар ўртасида бўлади. Битта SiO_2 молекуласига $2\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O}-0,5\text{H}_2\text{O}$ тўғри келади. Бу жуда мураккаб группа бўлиб унинг таркиби ҳам аниқ эмас. Масалан, $\text{CSH}(\text{B})$ учун Г. Калоузек тўртта индивидуал фаза бўлишини кўрсатади. Улар 800°C ва 900°C температурадаги экзoeffекти билан фаркланиб туради, бошқа барча хоссалари эса бир хил. Бу модданинг табиийсида қатламлар ўртасидаги масофалар ўзаро фаркланади: пломбиеритда қатламларора масофа 14 \AA , тоберморитда $11,3 \text{ \AA}$, риверсайдитда $9,35 \text{ \AA}$. Сувсизлантирилганда тоберморит $9,35 \text{ \AA}$. Сувсизлантирилганда тоберморитлар 550°C температурага қадар ўз турини сақлаб қолади, температура кўтарила борган сари янги турлар ҳосил бўлаверади.

Тейлор таркиби $\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ дан $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ гача таркибли гидратни 1 кальций гидросиликат ёки қисқача $\text{CSH}(\text{I})$ деб атади. Кейинчалик Богг уни $\text{CSH}(\text{B})$ деб белгилади, ҳозирда шу нарса аниқландики, бу бирикма таркибининг чегаралари $\text{CaO}:\text{SiO}_2$ нинг энг қуйиси 0,8 га тенг нисбатга қадар етиши мумкин. Оҳаги кам бўлган қаттиқ фазалар шу бирикманинг қуюқлашган қумтупроқ билан аралашмасидан иборат.

Юқори асосли гидрат $2\text{CaO}\cdot \text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ нинг борлиги кўпгина тадқиқотчилар томонидан исботланган бўлиб, кальций гидросиликат II ёки қисқача $\text{C}_2\text{SH}(\text{II})$ номини олган. Кейинчалик Богг уни C_2SH_2 деб атади. Тейлор бу бирикмани оҳак ва силикагелдан ёки чўктириш йўли билан эмас, балки C_3S ни (17°C температурада) гидратациялаш йўли билан олишга муваффақ бўлди. Бироқ Торопов ва бошқа тадқиқотчиларнинг маълумотларига кўра, бу бирикмани 180°C температурада гидратланган аморф қумтупроққа кальций глицерат билан ишлов бериш ва эритмага кейин ортиқча сув қўшиш йўли билан тайёрлаш мумкин. Амалий жиҳатдан соф чўктирилган C_2SH_2 Тейлорнинг $\text{C}_2\text{SH}(\text{II})$ рентгенограммасига мос келадиган аниқ рентгенограммали аморф кукун тарзида олинди.

0,05 г/л дан туйингунгача бўлган миқдордаги оҳак концентрациясида таркиби $\text{CaO}_{0,8-1,5}\cdot \text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}_{2,5-1}$ оралиғида ўзгариб турадиган кальций гидросиликат I ҳосил бўлади. Тўйинган оҳакли эритма шароитида эса $2\text{CaO}\cdot \text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}_{4-2}$ таркибли кальций гидросиликат II мавжуд бўлиши мумкин. Ана шу иккала гидрат, гарча рентгенограммалари бир-биридан бир мунча фарқ қилса ҳам ўз кристалл структураси бўйича бир-бирига жуда ўхшаш. Мазкур группаларнинг ҳар бири ўз доирасида Ca/Si нинг нисбати, сув миқдори, баъзан текисликлараро масофалар, кристалланиш даражаси анчагина фаркланиши мумкин. $\text{C}-\text{S}-\text{H}(\text{I})$ электрон микроскоп остида деформацияланган фольга сифатида кўринади, одатда у 100°C дан паст температурада осон ҳосил бўлади. Ca/Si нисбат $400\dots 600^\circ\text{C}$ температурада $0,8\dots 1,33$, баъзан эса 1,5 молекула сув йўқотади.

C—S—H(II) электрон микроскоп остида нотўғри пластинка ёки фольга тарзида (трубкасимон буралган, бурмали ёки толасимон структурали) кўринади. 100⁰C ва ундан паст температурада ёки 100...200⁰C температурада автоклав ишлови беришда синтез қилинади.

Тоберморит ўз таркибидаги сувни аста-секин йўқотиб боради: унда 120⁰C температурада карийб 1 моль, 300⁰C да 0,5 моль сув бўлади, 600... 700⁰C да эса сув бутунлай йўқотилади.

Тоберморитлар автоклав ишлови натижасида сунъий тош ҳосил қилиши муҳим аҳамият касб этади. Бу кальций гидросиликатларнинг энг мураккаб ва энг кам ўрганилган группасидир.

Гиролит группа гиролит C₂S₃H_{2,5}, трускоттит C₂S₂H ва Z—Ассарсон фазасини ўзи ичига олади. Юқори даражада бириккан жуда кўп SiO₂ листлари бор деб тахмин қилиш имконини беради. Гиролитда энг катта базал текисликлараро масофа 32 Å, трускоттитда эса 19 Å.

Гиролит C₂S₃H_{2,5} табиатда эркин ҳолда учрайди, барқарор, оҳак ва аморф кумтупроқ суспензиясида, ҳамир тарзида оҳак ва кварцдан, сунъий равишда ҳосил қилинган. Температура 450⁰C га етгунча парчаланмайди. 450⁰C температурада 9% сув йўқотади, 550...800⁰C температурада эса 3% сув йўқотади, 700...750⁰C температурада гиролит C₂S₃H_{2,5}—волластонитга айланади.

120...240⁰C температурада Ca(OH)₂га аморф SiO₂ билан ишлов берилганда сунъий гиролит ҳосил бўлади, бунда дастлаб тоберморит ҳосил бўлиб, у гиролитга айланади. Тўйинган буғ муҳитда 200...220⁰C температурада гиролит ксонотлит ҳамда кумтупроққа нисбатан барқарор эмас.

Трускоттит 200...300⁰C температурада шиша ҳамда оҳак ва кумтупроқ аралашмасидан сунъий ҳосил қилинади. Трускоттитнинг таркиби аниқ белгиланмаган. 700⁰C температурага қадар қиздирилганда ўз таркибидаги сувни йўқотади, табиатда камдан-кам учрайди.

Z фаза. Функ ва Тило 1955 йили иккита янги бирикмани тавсифлашди, уларнинг фикрича шу бирикмаларнинг таркиби C₂S₂H₃ ва CS₂H₂; C₂S₂H₃ эритмадан олинган аморф моддага мос келади; иккинчиси — CS₂H₂ 150⁰C температурада автоклав ишловига мувофиқ; баъзан Z фаза Ассарсон фазаси деб юритилади, Ассарсон Z фазани оҳак-кумтупроқ аралашмасига 180...240⁰C температурада автоклав ишлови воситасида олган.

γ=C₂S структураси бўйича бир-бирига яқин бўлган гидросиликатлар кальций хондродит ҳамда γ=гидрат C₂S ни ичига олади. Кальций хондродит C_sS₂H табиатда маълум эмас. Уни илк бор Рой синтез қилган. Унинг элементлар катаги Mg²⁺ ва Fe²⁺ га эга бўлган хондродит табиий минералникига ўхшаш. У 400...800⁰C температурада 30 МПа босим остида сув буғи муҳитида синтез қилинади. Кенг температура интервалида барқарор, ташқи кўриниши жиҳатдан оливин кристалларига ўхшаш. Ҳавода 650...750⁰C температурада парчаланиб γ=C₂S ҳосил қилади.

γ -гидрат C_2S ёмон кристалланади, CaO/SiO_2 нинг ўзгарувчан нисбатига ва сувга эга деб тахмин қилинади. 160...300 °C температурада тўйинган буғда ҳосил бўлади. Гидратланган $\gamma-C_2S$ 120°C температурада узоқ ишлов бериш таъсирида тоберморитга айланади.

Бошқа кальций гидросиликатлар. Афвиллит $C_3S_2H_3$ илк бор 1956 йил тавсифланган, унинг турлари, параметри маълум. Структура формуласи $Ca_32H_2O[SiO_3(OH)]_2$. У SiO_2 ҳамда CaO аралашмасидан синтез қилиб олинади, паст температураларда ҳосил бўлади, 240°C температурага қадар қиздирилганда ўз таркибидаги сувни йўқотади. Атомларнинг қайта группаланишига мувофиқ келадиган экзоэффектга (820°C) эга. Температура 320 °C га етганда рентгенограммалар янги фазани кўрсатади, у x фаза тарзида белгиланиб, уни ҳар бир автор турлича изоҳлайди.

C_2S гидрат, табиатда маълум эмас. Лекин 140...180 °C температурада автоклав ишловида у осонгина ҳосил бўлади.

V-фаза (C_6S_3H) табиатда топилмаган. Синтез қилиш йўли билан олинган. У C_2S нинг барча хилларидан, шунингдек 350...800°C температурада ва 30...200 МПа босимда оҳак билан қумтупроқ аралашмасидан осонгина олинади, 640...700°C температурада йўналишсиз C_2S га айланади.

Уч кальцийли гидросиликат — $C_6S_6H_3$ табиий шароитда топилмаган. У 200...350°C температурада тўйинган буғ муҳитида сунъий равишда олинган. Такрорланувчи масофа 7,48 А, яъни волластонитникига яқин, 420...520°C температурада дегидратацияланади. C_2S ёки $C/S=3$ аралашмаларидан ҳосил бўлади. Бироқ 180°C дан паст температурада гидрат C_2S ва $Ca(OH)_2$ ҳосил бўлади. Уни соф ҳолда олиш жуда қийин, одатда C_2S ва кальцийли хондродит аралашмалари ҳолида олинади.

15-§. Кальций гидросиликатларнинг ҳосил бўлиш шароитлари ва барқарорлиги

$CaO-SiO_2-H_2O$ системаси жуда мураккаб, у автоклавда температура ва босимнинг ўзгариши вақтида вужудга келадиган ва йўқолувчи кўплаб метастабил барқарор бўлмаган фазаларга эга. Масалан, яқин вақтларгача икки кальций гидросиликат портландцемент гидратациясининг асосий маҳсулоти деб ҳисобланар эди. Эндиликда эса бундай шароитларда $C_3S_2H_3$ ҳосил бўлиши исботланди.

Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, $CaO-SiO_2-H_2O$ системасида автоклав маҳсулотлари ишлаб чиқаришнинг реал шароитларида мувозанат ҳолатга амалий жиҳатдан эришиб бўлмайди. Автоклав материалларнинг цементловчи моддаси стабиль ва метастабиль кальций гидросиликатлар тарзида бўлади.

Турли асослардаги оҳак-кумтупроқ аралашмалари устидан кенг температура интервалида ўтказилган тажрибалар шуни кўрсатадики, гидротермал ишлов жараёнидаги фаза ўзгаришлар тош мустаҳкамлигининг вақт-вақти билан кескин ўзгаришига олиб келади.

Кальций гидросиликатлар синтези оҳакнинг тўлиқ боғланиши билан, шунингдек, кейинчалик унинг илгари ҳосил бўлган метастабил фазалар кристалл турларининг қайта тузилиши сабабли қисман ажралиши билан бирга кечади. Бироқ, эркин оҳак билан маҳсулот мустаҳкамлиги ўртасида ҳеч қандай боғлиқлик кўзатилмаган.

Температура кўтарилган сари мустаҳкамлик ҳолати яна ҳам асосли гидросиликатларга ўтаверади, айти вақтда гидросиликатларнинг асослилиги бошланғич маҳсулотларнинг таркибига боғлиқ, бўлади: уларнинг асослилиги қанчалик юқори бўлса, автоклавда яна ҳам юқори асосли гидросиликатлар ҳосил бўлади.

П.И.Боженев бир қанча ишларни анализ қилиб автоклав материаллар технологияси учун амалий аҳамиятга эга бўлган айрим хулосалар чиқарди:

1. Оҳак ва кварцнинг $C/S = 2$ ва ундан юқори аралашмалари учун $175... 200^{\circ}\text{C}$ температурада, албатта аралашма таркибида $C_2SH(B)$ билан бирга $C_2SH(A)$ ҳам ҳосил бўлади. Барча температураларда кальцийнинг бу икки гидросиликатлар аралашмаси қайд этилади. Агар аралашма оҳак ҳамда аморф SiO_2 дан тайёрланган бўлса фақат $C_2SH(B)$ ҳосил бўлади. Агарда C_2S га автоклав ишлови берилса, $200...225^{\circ}\text{C}$ температурада ҳосил бўлган икки кальций гидросиликатнинг таркибини белгилаш мумкии. Температуранинг аста-секин ўзгариши $175...200^{\circ}\text{C}$ температурада ҳам (автоклавдаги босим $0,9...1,2$ МПа) $C/S=2$ ва ундан ортик нисбатдаги аралашма тайёрлаш учун фойдаланилган дастлабки маҳсулотлар структурасига боғлиқ равишда хилма-хил гидросиликатларнинг ҳосил бўлишига олиб келади.

2. Z фаза $130...150^{\circ}\text{C}$ температурада $C/S < 1$ таркибли аралашмада барқарор ҳисобланади. Температуралар фарқи жуда кичик, бу эса ҳосил бўлиш шароитларининг чекланганлигига далилдир.

3. Тоберморит $120...140^{\circ}\text{C}$ температурада C/S нинг нисбати $1:1$ дан $5:4$ гача бўлган аралашмалардан ҳосил бўлиши мумкин.

4. Икки кальций гидросиликатлар барқарор бўлмаган 100°C дан паст температурада C_2SH_2 анча барқарор бирикмаларга айланади, яъни $CSH(B)$ ва $Ca(OH)_2$.

5. C_3S ва C_2S моддалар гидратацияланганда C_2SH_2 ҳосил бўлади, у аралашма таркибида фақат $Ca(OH)_2$ нинг миқдори кўп бўлганда ва паст температураларда барқарордир. Таркибида C_2S бўлган, активлиги паст боғловчи моддаларнинг нормал котишида $Ca(OH)_2$ қўшилиши шу билан изоҳланади.

6. C_3S кенг температура оралиғида: $20^{\circ}C$ дан $280...300^{\circ}C$ гача дархол икки кальций гидросиликатларга айланиб, $Ca(OH)_2$ ажралиб чиқади. Бунда бошланғич маҳсулот C_3S бирикмасидан таркиб топган бўлиши шарт эмас, аралашма таркибида $CaO:SiO_2=3:1$ бўлса кифоя. Температура $210...280^{\circ}C$ бўлганда C_3SH барқарор туради, температура пасайгани сайин у парчаланиб, $Ca(OH)_2$ ажралиб чиқади.

7. Бир кальций гидросиликатлар энг барқарордир. Улар C/S таркибида $2/3$ дан $3/1$ микдорда жуда кенг $20...350^{\circ}C$ температура интервалида бўлади.

8. Паст асосли аралашмаларда индивидуал фазалар устун келади: гиролит, тоберморит, ксонотлит ва айниқса $CSH(B)$. Дастлабки аралашмада CaO микдори ортиб бориши билан турли гидросиликатлар аралашмасининг ҳосил бўлиши кузатилади ва барқарорликни таъминловчи температуралар интервали камаяди.

Барқарор бирикмаларнинг ҳосил бўлиши эркин энергия ажралиши билан боғлиқ. Кимёвий энергия запаси қанчалик кам бўлса кимёвий бирикма шунчалик барқарор бўлади. Айтилганлардан кўриниб турибдики, кальций гидросиликатлариинг барқарорлигига аралашма таркиби ва температура шароитлари таъсир кўрсатади.

Сўнгги йилларда Ленинград қурилиш материаллари нженерлари институтининг қурилиш материаллари кафедрасида П.И.Боженов раҳбарлигида ўтказилган тажрибалар натижасида магний-гидросиликатлар асосида ҳам сунъий тош олиш мумкинлиги исботланди.

16- §. Портландцементнинг қотиши

Майдаланган, қўшилмаларсиз клинкерли цемент сувда қорилганда, вақт ўтиши билан мустаҳкамлана борадиган ва тошсимон ҳолга ўтадиган цементтошга айланувчи пластик хамир ҳосил бўлади. Аноорганик боғловчи моддаларнинг қотиши туғрисида академик А.А. Байков ва унинг мактаби ишлаб чиқган классик назарияга кўра бу жараён уч босқичга бўлинади. Шу босқичлар давомида клинкер кукуни сув билан қориштирилгандан сўнг мустаҳкам тошсимон материалга айланади.

Эриш босқичи. Цемент клинкери минераллари маълум даражада сувда эрийди. Цемент доналари сувга тушганда минералларнинг юза қатламлари эритмага ўтади, натижада цемент доналарининг чуқурроқ қатламлари очилиб қолади. Эритма дастлабки модда-клинкер минераллари билан тўйинмагунча эриш жараёни давом этаверади.

Эритмада клинкер минераллари сув билан кимёвий бирика бошлайди. Одатдаги шароитларда клинкер минералларининг сув билан ўзаро таъсир этишиш реакциялари баъзи минераллар (C_2S ва C_3A) учун гидратация реакциялари, бошқалари (C_3S ва C_4AF) учун

гидролиз реакциялари бўлади. Бу реакцияларнинг кетиши ҳақида юқорида батафсил гапириб ўтилган

Коллоидланиш босқичи. Клинкер минераллари ва уларнинг ҳосилалари сувда турлича тезликда эрийди. Кальций гидроксид сувда айниқса яхши эрийди. У уч кальций силикат гидролизлангани захоти оҳакка тўйинган эритма ҳосил қилади. Кальций гидросиликатлар, гидроалюминатлар, гидроферритлар дистилланган сувда бир оз эрийди, оҳакка тўйинган эритмада эса бутунлай эримайди. Шу туфайли клинкер минералларининг сув билан ўзаро таъсир этишиш маҳсулотлари-кальций гидросиликатлар, гидроалюминатлар ва гидроферритлар $\text{Ca}(\text{OH})_2$ сингари эритмага ўтмайди, балки шу захоти коллоид эритмалар ҳосил қилиб майда-майда қаттиқ заррачалар ҳолида ажралиб чиқа бошлайди.

C_3S яна гидролизланиши туфайли ҳосил бўладиган кальций гидрат оксидининг янги улушлари оҳакка тўйинган эритмада энди эрий олмайди ва $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ҳам жуда майда коллоид заррачалар кўринишида ажралиб чиқа бошлайди.

Ҳосил бўлган коллоид массалар қовушқоқ ва ёпишқоқ бўлади. Шу сабабли цемент хаамири пластик ва боғловчилик хоссаларига эга. Цемент хаамирининг бундай ҳолати бетонбоп қоришма учун жуда муҳим аҳамиятга эга: пластик цемент хаамири тўлдиргичлар доналарини ўраб олади ва шу билан улар орасидаги ишқаланишни камайтиради, натижада бетонбоп қоришма ейилувчан ва яхши жойлашувчан бўлиб қолади. Цемент хаамирининг қовушқоқлиги бетонбоп қоришманинг айрим-айрим ташкил этувчилари шағал, қум ва цемент хаамирга ажралиб катламлана бошлашига тўсқинлик қилади. Бироқ цемент хаамирида нисбатан қисқа вақт ичида ва фақат цемент қорилгандаги кейинги дастлабки вақтда, яъни коллоид массаларнинг анчагинаси сувга аралашгани ва каогуляцияланганда бундай ҳол юз беради.

Клинкер минералларининг янги улушлари сув билан ўзаро таъсир этишаверади. Натижада кўп миқдордаги сув кимёвий бирикма-гидратлар ҳосил қилади. Цемент хаамиридаги эркин сув миқдори камаяди, натижада айрим коллоид заррачалар бир-бирига яқинлашади, йириклашади ва ўзаро елимланиб қолади. Натижада цемент хаамирининг пластиклик ва боғловчи хоссалари йўқолади. Бу ҳолда тўлдиргичлар кўшиб қорилган цемент хаамиридан пластик бетонбоп қоришма ва мустаҳкам бетон ҳосил бўлади.

Цемент хаамирининг пластиклик хоссаларини йўқотишга ва оз бўлса ҳам мустаҳкамланишига ёрдам берадиган қотиш босқичини П.А. Ребендер *каогуляцион структура ҳосил бўлиш даври* деб атади. Шу каогуляцион структура ҳосил бўлиш давридаги цемент хаамири мустаҳкамлиги тишлашиш мустаҳкамлиги демакдир. Тишлашиш даражасига қараб шартли равишда цемент хаамирининг, тишлашишнинг бошланиш ва тишлашишнинг тугалланиш босқичлари бўлади.

Кристалланиш босқичи. Бу босқич портландцемент клинкерининг навбатдаги ва охириги қотиш даври ҳисобланади. Бу босқичда коллоид массалардан бир-бирига чирмашган кристаллар ҳосил бўлади. Натижада кристалл наMAT ёки кристалл тўр пайдо бўлади.

Цемент клинкер минералларининг янги коллоид хоссалари бир хилда кристалланмайди. Биринчи навбатда кальций гидроалюминатлардан ва қисман кальций гидроксиддан кристалл тўрлар ҳосил бўла бошлайди. Кальций гидросиликатлар эса анча вақтгача коллоид ҳолида туради. Шунинг учун цементнинг дастлабки қотиш давридаги мустаҳкамлиги кальций гидроалюминатлар, шунингдек $\text{Ca}(\text{OH})_2$ кристалларидан ҳосил бўладиган кристалл тўри мустаҳкамлигига боғлиқ. Бироқ цементтош бундан кейин асосан гидросиликатлар ҳисобига мустаҳкамлана боради. Гидросиликатлар аста-секин зичланиб кристалланади. Зичланган коллоид массалар ва гидросиликатнинг кристалл ҳосилалари гидроалюминатлар ва $\text{Ca}(\text{OH})_2$ нинг кристалл тўрларига қараганда анча мустаҳкам бўлади. Асосан $\text{Ca}(\text{OH})_2$ билан ўзаро актив таъсир этишадиган аморф қумтупроқ SiO_2 дан ташкил топган гидравлик қўшилмалар портландцементнинг чучук сувга барқарорлигини оширади. Бунинг сабаби шундаки $\text{Ca}(\text{OH})_2$ билан ўзаро реакцияга киришганда нисбатан яхши эрийдиган оҳак қумтупроқ билан амалда эримайдиган кальций гидросиликат $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ҳосил қилади.

Шундай қилиб, портландцемент таркибида гидравлик қўшилмалар (ва гипс) бўлганда иккиламчи жараён рўй беради: клинкер минераллари билан сув ўртасидаги реакцияларнинг махсулотлари ва қўшилмалари кимёвий ўзаро таъсир этишади. Натижада портландцемент тишлашиш муддати узаяди ва сувга барқарорлиги ортади.

Портландцементнинг тишлашиш муддатлари бир қатор факторларга яъни цемент хамирининг температурасига, қоришмага солинадиган сув миқдорига, клинкернинг минералогик таркиби, цементнинг майдалаб туйилганлиги (25-жадвал), гипс ва қўшилмалар миқдорига боғлиқ.

Цементда тишлашишнинг бошланиши ва тугалланиш муддатлари белгиланган. Цемент хамирининг ҳаракатчанлиги йўқолган даслабки давр цементнинг тишлашиши бошланганлигини билдиради, унинг тошдек қаттиқ ҳолга келгани эса цементнинг тишланиб бўлганлигини билдиради.

Стандартда кўрсатилган талабларга мувофиқ портландцемент 45 минутдан кейин тишлаша бошлаши ва камида 12 соатда тишлашиб бўлиши лозим. Янги тайёрланган бетон ва қоришмани цемент тишлаша бошлашдан аввал ишлатиб бўлиш керак, агар бундай қилинмаса бетоннинг мустаҳкамлиги пасайиб кетади, шунинг учун қурувчиларнинг ўзлари ишлатаётган цементнинг тишлашиш муддатларини билишлари жуда муҳим.

Температура ортиб бориши билан цементнинг тишлашиш муддати тезлашади, температура пасайиб бориши билан эса секинлашади. Сув керакли миқдордан ортиқ қўшилса ҳам цементнинг тишлашиши секинлашади.

Клинкер минералогик таркибининг ва солиштирма сирт миқлорининг тишлашиш муддатларига таъсири клинкер минералларининг гидратацияланиш тезлиги билан характерланади, цемент хамирининг тишлашиш жараёни C_3A асосий роль ўйнайди, уч кальций алюминат қандай тезликда тишлашса, гипс қўшилмаган майдаланган портландцемент клинкери ҳам тахминан шундай тезликда тишлаша бошлайди.

25-жадвал

Цементнинг солиштирма сиртининг тишлашиш муддатларига таъсири

Цементнинг солиштирма сирти, м ² /кг	Тишлашиш муддатлари, соат ва минут	
	Бошланиши	Охири
225	2...45	-
440	2...30	5...35
625	2...10	5...10

Шундай қилиб, портландцемент таркибида кальций алюминатлар кўп бўлса, бу ҳол тишлашиш муддатини қисқартиради ёки зарур муддатларда тишланадиган цементни олиш учун кўпи билан қанча гипс қўшиш лозимлигини аниқлаб беради.

Цементнинг сув билан реакцияга киришувида иссиқлик ажралиши. Клинкер минералларининг сув билан таъсир этиш жараёнлари экзотермик, яъни иссиқлик ажраладиган жараёндир.

С.Д. Окороков фикрича клинкер минераллари турли қотиш муддатларида қуйидаги курсаткичлар билан характерланади (26-жадвал).

Вербек ва Фостер маълумотларига кўра C_3S ва $\beta-C_2S$ нинг иссиқлик ажратиш кўрсаткичи жадвалда келтирилган қийматлардан, айниқса 3 ва 7 суткадаги қийматларидан 1,5...2 марта кам; C_3A ва C_4AF моддалариники эса кўп.

26-жадвал

Тоза клинкер минералларнинг иссиқлик гидратациялари, (Ж/кг)

Минераллар	Қотиш муддатлари, сутка	Тўла гидратация
------------	-------------------------	-----------------

	3	7	28	90	180	Окорков бўйича	Лерч ва Богг бўйича
$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	405	460	485	520	565	670	502
$\beta\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	63	105	167	197	230	352	260
$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	590	660	875	930	1020	1070	865
$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	176	250	380	415	-	570	418

Цементдан қанча иссиқлик ажралиб чиқиши у қанчалик майда туйилганлиги ва минералогик таркибига, унда минерал қўшилмалар бор-йўқлигига боғлиқ. Минерал қўшилмалар цементдаги клинкер ташкил этувчисини камайтиради ва бу билан унинг экзотермиклигини пасайтиради.

25-жадвалдан кўриниб турибдики, энг кўп иссиқлик гидратацияси C_3A (қарийиб 1050 кал/г) билан C_3S (тахминан 540 кал/г) да бўлади. Икки кальций силикат тегишли сурьатда, 3 ва 2 марта кам иссиқлик чиқаради. Шуни айтиш керакки, бетон конструкциясининг температураси жами гидратация иссиқлигига боғлиқ бўлмай, шу билан бирга иссиқликнинг ажралиб чиқиш тезлигига боғлиқ. Келтирилган жадвалдан кўриниб турибдики, C_3A ва C_3S дан айниқса кўп иссиқлик ажралиб чиқади. Демак яхлит бетон конструкциялари учун таркибида шу минераллар кўп бўлган портланцементлар ишлатиб бўлмайди. Натижада бетон конструкциялар ўз-ўзидан қизийди. Бу холнинг яхши ва ёмон томонлари бор. Масалан қиш вақтида цемент экзотермияси бетон қилинаётганда конструкциянинг тез музлашига йўл қўймайди. Бу эса қотиш жараёнига яхши таъсир кўрсатади. Бироқ жуда кўп иссиқлик ажралиб чиқиши ҳам номакбул ходисадир, чунки цемент экзотермияси натижасида яхлит бетон конструкциялар ичидаги температуралар $50\dots 60^\circ\text{C}$ ва унда ҳам ортади, демак, ташқи қатламлар ҳаво температурасида бўлади. Бу эса конструкциянинг ташқариси ва ичкаридаги температуранинг турлича бўлишига олиб келади. Бетон элемент ҳам, ҳар қандай тош минерал каби температура ортиши билан ўлчами катталашади ва аксинча температура пасайиш билан тораяди. Бинобарин, бетоннинг ташқи анча совиган қатламлари сиқилишга интилади, лекин қизиб кетган ички қатламлари бунга йўл қўймайди. Натижада бетонинг сиртки қатламлари чўзилган (зўриққан) ҳолатда қолади ва ёриқлар пайдо бўлади. Демак бу ходисанинг олдини олиш учун белит цемент ишлатилгани маъқул. Бироқ бундай цементларнинг мустаҳкамлиги анча паст.

Цемент қанчалик майда туйилган бўлса шунча кўп иссиқлик ажралиб чиқади (айниқса, қотишнинг дастлабки вақтларида), чунки клинкер минералларнинг гидратация жараёнлари

тезлашади. Худди шунга, а ўхшаш цементнинг гидратация жараёнини тезлаштирадиган ҳамма усуллар (қўшилмалар, яъни қотишни тезлаштиргичлар ишлатиш, температурасини ошириш ва бошқалар) иссиқлик ажралиб чиқиш тезлигини кўпайтиради ва, аксинча, гидратацияни секинлатувчи усуллар цементнинг иссиқлик ажратиб чиқариш тезлигини камайтиради.

17-§. Цементтошдаги ҳажмий ўзгаришлар

Қотаётган цементтошда атроф-муҳит таъсиридан ва бошқа бир қатор физик-кимёвий жараёнлар натижасида ҳажмий ўзгаришлар содир бўлиши мумкин.

Ҳажмий ўзгаришларнинг қуйидаги турлари бор: цемент хаамири чўкади, цемент-сув системасининг тортилиши рўй беради, ҳажмий кенгайиши, киришиши ва шишиши температура таъсирида ҳажмий ўзгаришлар содир бўлади. Цемент доналари оғирлиг кучи таъсирида сувда чўкиши туфайли сув юқори сиқиб чиқарилади, цемент доналари эса аввалига йириклари, сўнгра майдалари тўпланиб қолади. Цемент аралашмаларининг *қатламланиши* деб аталадиган бу хоссаси бетон конструкциялари мустаҳкамлилигига катта таъсир қилади; цемент хаамири (бетонбоп қоришма) нинг юқорига серсув қатламларида, қотганидан сўнг унчалик мустаҳкам бўлмаган ғовак-цементош (бетон) ҳосил бўлади. Бундай қатламланиш натижасида тўлдиргич остига унчалик мустаҳкам бўлмаган ва энг ғовак бўлган цементош қатлами жойлашади. Шунинг учун механик кучлар таъсирида бетон худди шу энг бўш еридан бузилади. Бундан ташқари бетон ғоваклари ва сув кириб музлаб қолиши туфайли унинг совуққа чидамлилиги, шунингдек, агрессив суюқликлар таъсирида коррозияланишга чидамлилиги ҳам камаяди. Қатламланиш натижасида бетоннинг темир-бетондаги арматурага ёпишиш мустаҳкамлиги ҳам пасаяди, арматура симлари устида ғовак цементтош ҳосил бўлиши мумкин.

Қатламланиш жараёни кўп давом этмайди. Бироқ чўкишнинг нисбий миқдори анчага (2...3% гача) етади.

Цемент аралашмаларининг қатламланиш (сувнинг ажралиб чиқиш) даражаси цементнинг сувни тутиб тура олиш қобилияти ва цемент хаамири (бетон) даги дастлабки сув миқдорига боғлиқ.

Цементнинг сув тутиб тура олиш қобилияти ўз навбатида цемент канчалик майда туйилганига ва унинг таркибига боғлиқ. Дастлаб ишлатилган моддаларнинг абсолют ҳажмлари йиғиндиси (цемент-сув) уларнинг ўзаро таъсир этиш маҳсулотлари абсолют ҳажмлар йиғиндисидан катталиги туфайли система контракцияланади. Цементтош одатда ташки ўлчамларини ўзгартирмаган ҳолда сиқилади. Демак, контракция натижасида цементтошда ғоваклар ҳосил бўлиши ва бетоннинг узок вақтга чидамлилиги ҳамда мустаҳкамлиги камаяди.

Цементнинг сув тутиб тура олиш қобилияти ва контракция миқдори клинкернинг минералогик таркиби, майда туйилиши ва дастлабки қориш учун олинган сув миқдorigа боғлиқ.

Цементтош ҳавода қотаётганда, одатда ҳажми кичраяди, яъни киришади, сувда қотаётганда эса бир оз ортади, яъни шишади. Цементтош жуда кўп киришиш (кичрайиши) ва шишиши (кенгайиши) мумкин. У бир ой давомида қотганда 0,5...0,6%га кенгайиши ёки киришиши мумкин (яъни 1м да 5...6 мм киришади). Оқибатда цементтошга қараганда бетон бир неча баравар кам киришса ёки шишса ҳам яхлит бетон конструкциялар дарз кетиши мумкин.

Қотишнинг дастлабки даврларидаги киришиш ва шишиш бир ойлик шу жараённинг 60...70% гача етади. Бунга сабаб кўрсатилган давр ичида гидратланаётган цемент доналарининг намни тортиш ва буғланиш ҳисобига хамир айниқса тез сувсизланишидир. Сувсизланиши натижасида заррачалар бир-бирига яқинлашади ва цементтош киришади. Вақт ўтиши билан чўкиш ва шишиш деформациялари тўхтайдди, бироқ атроф муҳитнинг намлиги ўзгариши билан бу жараён яна давом этиши мумкин.

Цементтош жуда кўп майда тартибсиз жойлашган капиллярдан иборат жинс бўлиб, атроф-муҳит намлигига қараб улар сувга тўлмаган ва тўлган бўлиши мумкин. Шунга кўра ҳажмий ўзгаришлар киришиш ёки шишиш томонига ривожланади.

Цементтош кимевий реакциялар натижасида ҳам ҳажмий кенгайиши мумкин.

Мисол учун клинкер таркибидаги эркин оҳак ва магний оксиднинг сўниши, шунингдек, уч кальций алюминат билан гипснинг ўзаро таъсири этиши ҳамда кимевий реакцияларда ажралиб чиққан иссиқлик натижасида цементтошда деформациялар, яъни ҳажмий кенгайиш содир бўлиши мумкин.

18- §. Портландцементнинг мустаҳкамлиги

Портландцементнинг пишиқлиги намуналарнинг сиқилишдаги ва эгилишдаги мустаҳкамлик чегараси билан ифодаланади. Портландцемент шу кўрсаткичларга кўра маркаланади. Маркалар ўлчами 4x4x16 см бўлган таёқчаларнинг эгилишдаги мустаҳкамлик чегарасига, ярим таёқчаларнинг сиқилишдаги мустаҳкамлик чегарасига қараб белгиланади. Бу намуналар оғирлик бўйича 1:3 нисбатда тайёрланган пластик цемент қоришмасидан ясалиб, 28 кун қотирилади ва шундан кейин синалади.

28 кун қотирилган намунанинг сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси *цементнинг активлиги* деб аталади, марка шу кўрсаткичга қараб белгиланади. Агар цементнинг активлиги

54,6 МПа бўлса, унинг маркаси 500 қилиб белгиланади. Цементнинг мустаҳкамлигидан мумкин қадар тўла фойдаланиш учун унинг активлигини ҳисобга олиш керак.

Портландцемент учун 300, 400, 500, ва 600 маркалар белгиланган.

Қотаётган портландцементнинг мустаҳкамлиги вақт бўйича бир текис ортмайди. Портландцементдан тайёрланган бетон 3 кун давомида қотгандан сўнг унинг мустаҳкамлиги шу марка учун белгиланган 28 кунлик мустаҳкамликнинг ярмига етади, мустаҳкамликнинг қолган ярмига эса 25 кундан кейин эришилади. Бироқ портландцемент асосида тайёрланган бетоннинг 28 кунда эришилган мустаҳкамлиги бошқа хил гидравлик боғловчи моддалардан тайёрланган бетонларники каби охирги мустаҳкамлик бўлиб ҳисобланмайди, у максимал мустаҳкамликнинг ўрта ҳисобида 50% ни ташкил этади. Қулай шароитда бир неча йил давом этади, шу туфайли охирги мустаҳкамлик шу маркага хос мустаҳкамликдан баъзан бир неча марта ортиқ бўлиши мумкин.

Портландцемент асосида тайёрланган намуналарнинг эгилишдаги мустаҳкамлик чегараси, сиқилишдаги мустаҳкамлик чегарасидан анча паст бўлди. Шу кўрсаткичларнинг қийматини ошириш ҳозирги куннинг муҳим масалаларидан биридир. Бу масалани ҳал қилишда бир неча йўл пайдо бўлмоқда. Эгилишдаги мустаҳкамлик айниқса катта аҳамиятга эга бўлган конструкциялар учун бетон тайёрланаётганда бу кўрсаткичлар ҳисобга олинади (масалан, йўлга қопланадиган бетонлар, суюқ маҳсулотлар сақланадиган йирик идишлар ва босим остида суюқликларни қувурлар орқали ташлаш ва ҳ.к.).

Цементтош мустаҳкамлиги ва мустаҳкамликнинг ўсиши айниқса клинкернинг минералогик таркибига боғлиқ (27, 28, 29-жадваллар). Уч кальций силикатнинг охирги мустаҳкамлиги ҳам, мустаҳкамлигининг ортиш тезлиги ҳам бошқа минералларникидан юқори. C_3S нинг мустаҳкамлиги айниқса қотишнинг дастлабки 7 кунда тез ортади. Шу давр ичида 28 кунлик мустаҳкамликнинг 70% га яқин таъминлайди. Бир ой қотгандан сўнг C_3S мустаҳкамлигининг ортиши кескин сустлашади ва 11 ойда бу минералнинг мустаҳкамлиги ҳаммаси бўлиб 15% ортади (тахминан 55...65 МПа гача).

Икки кальций силикат бутунлай бошқача қотиб мустаҳкамланади. C_3S га қараганда C_2S нинг мустаҳкамлиги дастлабки (28 кунгача) амалда ошмайди (C_3S мустаҳкамлигининг 10...15% ни ташкил қилади). Аммо кейинчалик C_2S нинг мустаҳкамлиги тезда орта бошлайди, ва натижада C_3S каби мустаҳкамланади. Бу минералларнинг бир-биридан бундай фарқланишига сабаб гидратацияланиш тезлигидир.

C_3S нинг гидратацияси тахминан бир ойда тугаши мумкин, C_2S нинг гидратацияси эса бу вақтга келиб эндигина кучая бошлайди. Демак дастлабки даврда тез қотадиган бетон тайёрлаш керак бўлса таркибида уч кальций силикат кўп бўлган алит портландцемент ишлатиш лозим.

Бетон конструкциялари кўп вақт ўтгандан сўнг ниҳоятда мустаҳкамланиши талаб қилинса белит портландцемент ишлатиш керак. C_3A бошқа минералларга нисбатан унчалик мустаҳкам эмас, чунки у гидратланганда ғовак ва унчалик мустаҳкам бўлмаган структура ҳосил қилади. C_3S ва C_2S гидратланганда эса янги анча зич структура ҳосил қилади. Шунинг учун таркибида алюминат кўп бўлган цементлардан ишланган бетоннинг бошқа хоссалари (жумладан, совуққа чидамлилиги) ҳам пасаяди.

Уч кальций алюминат мустаҳкамлигининг пастлиги фақат мономинералдан таркиб топган ҳоллардагина шу усулда билинади.

Цемент клинкери сингари полиминерал аралашмаларда C_3A цементтош мустаҳкамлигининг ўсишига яхши таъсир кўрсатади ва коллоид силикат массаларнинг зичланиш жараёнига ёрдам беради. Тез қотадиғн цемент таркибида фақат C_3A ҳам кўп бўлиши билан характерланади. Таркибида 60...70% C_3S+C_3A ва 10% C_3A бўлган цементнинг қотишнинг дастлабки давридаги мустаҳкамлиги анча тез ортади.

Қоришмага қўшиладиган сув миқдори ва цементнинг майда-йириклиги портландцементнинг мустаҳкамлигига таъсир этади. Цемент қоришмасига сув қанча кўп қўшилса, ундан тайёрланган намунанинг мустаҳкамлиги шунча кам бўлади.

Пластик цемент хаамири (бетон ёки қоришма) тайёрлаш учун зарур бўлган сув миқдоридан клинкер минераллари кимёвий йўл билан боғлаб олинadиган сув миқдори амалда доим кам бўлади. Масалан, 1-12 ойдан сўнг цемент кимёвий суръатда ҳаммаси бўлиб ўз оғирлигига нисбатан 15...20% сув бириктиради, ваҳоланки нормал қуюқ хамир олиш учун ҳам одатда 25% дан ортиқ сув талаб қилинади (30-жадвал). Конструкция қолипга жойласа бўладиган бетонбоп қоришмалар тайёрлаш учун одатда, цемент оғирлигининг камида 28...30% миқдorigа сув керак бўлади. Суви кам бетонбоп қоришмани конструкцияга яхшилаб жойлаш ҳозирча қийин иш бўлиб, бундай қоришма кам ёйилувчан, пластик эмас ва уни зичлаш жуда қийин.

30 жадвал

Цемент солиштира сиртининг бириккан сув миқдorigа таъсири

Цементнинг солиштира сирти, м ² /кг	Сувда қотаётган цементда бириккан сув миқдorigа, % ҳисобида		
	3 сут	7 сут	28 сут
295	11,58	14,05	14,14
440	12,38	15,71	16,32
625	15,82	17,03	17,78

Шундай қилиб цемент хамирида ҳамма вақт ортиқча сув бўлади. Бу сув буғлангандан сўнг цементтошда ғовак ва бўшлиқлар ҳосил бўлади. Шу билан цементтошнинг иш кесими кичраяди, мустаҳкамлиги пасаяди.

Цементтошнинг ғоваклиги бетон конструкцияларининг чидамлигига сезиларли таъсир кўрсатади. Сув буғланиши туфайли ҳосил бўлган канал ва ғоваклардан цементтошга агрессив сув ва газлар ўтади, натижада унинг емирилишига йўл очилади.

Бетон конструкцияларнинг сув ва совуқ таъсиридан бузилишининг энг асосий сабаби ҳам цементтошнинг ғоваклигидир. Шунинг учун доим иложи борица зич цементтош ҳосил қилишга ҳаракат қилиш зарур. Бунинг учун озгина сув қуйиш ($\frac{C}{C}$ -сув-цемент нисбатини иложи борица кичик олиб) ва бетонбоп қоришмани обдон қориш керак бўлади.

Қотиш жараёни нормал ўтиши учун ва демак портландцементтош янада мустаҳкамланиб бориши учун цементтошда доим сув бўлиши керак. Шунинг учун, цементтош қотишнинг биринчи кунларида жуда нам шароитда туриши зарур. Цементтошнинг қуриб қолишига йўл қўйилса, унинг мустаҳкам қотиши тўхтаб қолади. Цементтошнинг қотиш учун зарур нам шароит амалда ҳар хил усулда ҳосил қилинади: бетон конструкцияларига сув сепилади, буғланади, конструкцияга буғ ўтказмайдиган пленка ҳосил қиладиган махсус эмульсиялар ёки полиэтилен пленкалар қопланади ва ҳоказо.

Бошқа шароитларда атроф-мухит температураси цементтош мустаҳкамлигининг ортишига асосий таъсир кўрсатади. Одатда, температура пасайиши билан қотиш секинлашади ва аксинча температура ортиш билан мустаҳкамлик температурага қараганда кўпроқ ортади. Бу эса қуйидагича тушунтирилади: температура кўтарилиши билан кўпгина моддаларнинг реакция тезлиги ортади. Амалда портландцемент бетонлари турли температураларда қотиши мумкин. Масалан, қотишнинг қуйидаги режимлари қўлланилади: нормал температурада (15...20⁰С), нормал босимда (100⁰С гача температурада), юқори босимда (170⁰С ундан юқори температурада) буғлаш, манфий температураларда қотиш.

Мустаҳкамликнинг маркада кўрсатилган мустаҳкамликка қадар ўсиш тезлиги айниқса 174⁰С га яқин температурада энг юқори бўлади. Марка мустаҳкамлигига 8...10 соатдан сўнг эришилади. Бундай юқори температура ҳосил қилиш (шунингдек, атроф-мухит зарур даражада нам бўлиши) учун автоклавларда босим остида буғ билан ишлов берилади.

Масалан, 80...90⁰С температурада (нормал босимда буғланганда) цемент автоклав ишлови шароитидагига нисбатан тахминан 2 марта секинроқ қотади, бу ҳолда цементтош бир суткадан кейин ҳам марка мустаҳкамлигига ета олмайди.

Цемент нормал шароитларда, айниқса қотишнинг дастлабки даврида яхши қотади, кейинчалик унинг қотиши секинлашади. Юқори (80°C ва ундан юқори) температурада иссиқ нам ишлови берилган бетонлар кўп ҳолларда маркада кўрсатилгандан ортиқ мустаҳкамланмайди. Цементтошда юқори температурада коллоид массалар кучли зичлашиши сабабли бундай ҳол юз беради. Бу эса цемент доналарининг гидратланмаган ички қисмларига сув сингиб боришига тўсқинлик қилади. Нормал шароитда қотаётган бетон узоқ вақтгача сезиларли даражада мустаҳкамлана боради.

Иссиқ нам қотиш режими вақтида цементнинг минералогик таркибини ҳам ҳисобга олиш керак. Баъзи тадқиқотчилар алит цементларига автоклав ишлови бермаслик керак деб таъкидлайдилар, чунки бу шароитларда C_3S нинг ижобий таъсири намоён бўлмайди. Белит цементлар эса автоклав ишлови берилганда жуда яхши қотади.

Цементга қўшилма сифатида майдаланган қум ишлатилса, бетонларга автоклав ишлови берилганда алит цементлардан фойдаланиш янада самарали бўлади. Юқори температурада одатдаги шароитларда инерт бўлган қум активлиги оҳакка нисбатан кескии ортади. Натижада C_3S нинг гидролизланиши вақтида ажралиб чиқадиган $\text{Ca}(\text{OH})_2$ қум билан мустаҳкам кальций гидросиликатлар ҳосил қилади.

Манфий температураларда портландцементтош қотмайди чунки ундаги сув яхга айланади. Лекин ҳозир шу нарса маълумки, электролит қўшилмалар CaCl_2 , NaCl аралашмаси (3% $\text{CaCl}_2 + 7\% \text{NaCl}$) ва Na_2NO_2 , K_2CO_3 кўп миқдорда, яъни цемент оғирлигига нисбатан 10...15% гача қўшилса, портландцемент асосида тайёрланган бетонлар манфий температураларда ҳам қотади.

19-§. Цементтош ва бетонларнинг кимёвий ҳамда физик агрессив факторлар таъсирига чидамлилиги

Цементтошнинг чидамлилиги деганда унинг ташқи муҳитнинг агрессив таъсирига (чучук ва минерал сувлар, сув билан совуқнинг биргаликдаги таъсири, шунингдек, юқори температуралар, намланиш ва қуришга ҳамда цементтош капилляр ва ғовақларида туз эритмаларининг буғланиб кетиши натижасида тўпланиб қолиб, бошқа кристаллогидратларга айланишига) қаршилиги тушунилади. Чунки портландцементтош ҳаво таъсирига жуда яхши чидайдиган материалдир. Цементтош ҳаво билан ўзаро таъсир этганда оҳак ҳаводаги карбонат ангидрид газидан карбонланиши туфайли яхшироқ зичлашади ва чидамлироқ бўлади.

Агрессив газлар эса одатда фақат нам шароитдагина цементга таъсир кўрсата олади. Бу ҳолда улар кўпинча кислоталар ҳосил қилувчи газлар (SO_2 ; H_2S , Cl_2 ва бошқалар) каби таъсир

этади. Маълумки, портландцемент жуда ҳам майда найсимон ғоваклардан иборат. Газ шу бўшлиқларга жуда ҳам осон сингиб киради. Нам шароит пайдо бўлиши билан найсимон майда коваклар ичидаги цементтошнинг асосий структура элементи бўлган $\text{Ca}(\text{OH})_2$ кристаллари бузилади. Бу бетон конструкциялар мустаҳкамлигига жуда катта хавф туғдиради.

Цементтош ҳавонинг зарарли таъсирига учрамайдиган материалдир. Унга ҳаво таъсир этганда оҳак ҳаводаги карбонат ангидрид газы билан карбонланиши туфайли янада зичлашиб, чидамлилиги ортади.

Зарарли таъсир этувчи газларнинг таъсири одатда, нам шароитда кучаяди. Бундаги емирилиш жараёнлари сув таъсир этгандаги жараёнлардан деярли фарқ қилмайди.

Цементтошнинг сувли муҳитга чидамлилигини яхши тасаввур этиш учун бу борадаги тадқиқотлар тарихига қисқача тўхталиб ўтамиз.

Портландцементнинг ихтиро қилиниши бетон соҳасидаги ишларни ривожлантириб юборди. XIX асрнинг иккинчи ярмидан портландцементли бетон қурилишларда темир-бетон сифатида қўлланила бошланди.

Асримизнинг, 20—30-йилларида гидротехник қурилишларда портландцемент кенг ишлатила бошланиши натижасида иншоотларнинг сув таъсирига чидамли эмаслиги маълум бўлди, гидротехник иншоотларнинг кўпи бузилаверди.

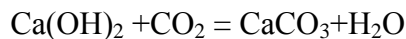
Европа ва Россия мамлакатларида портландцемент асосида қурилган гидротехник иншоотларнинг сув таъсирига қанчалик чидамлигига профессор А.Р. Шуляченко, инженер В.И. Чарномский ва академик А.А. Байков томонидан ўрганиб чиқилди (XIX асрнинг охири ва XX аср боши). Портландцементнинг сув, айниқса денгиз суви таъсирида бузилиши сабабларини таҳлил этиш натижасида бетон емирилиши ҳақидаги фанга асос солинд. Олимлар умуман цементнинг сувга чидамлилигини тадқиқ этиш борасида ҳам муайян натижаларга эришганлар. Жумладан тузсиз, яъни чучук сув таъсирини кўриб утайлик. Цементнинг гидратация маҳсулотлари ичида энг яхши эрувчани кальций гидроксид бўлиб, у бир литр сувда 1,3 грамм эрийди. Эрувчанлик жиҳатдан оҳакдан кейинги ўринда гидроалюминат, гидросульфалюминат (бацилла), сўнгра гидросиликатлар туради. Умуман цемент тўла эриши мумкин, лекин бу жараён жуда суст кечади.

Агар бетон маромига етказилмай қотса, унинг коваклари катта бўлиб, улар орқали сув сингиб ўтса, у ҳолда сувнинг зарарли таъсири яққол намоён бўлади. Бетондан ажралиб чиққан оҳакнинг карбонланиши туфайли унинг юзасидан оқ шўра доғлар пайдо бўлади. Аксари ҳолларда бу моғорсимон доғлар бетониинг *шўралаши* деб юритилади.

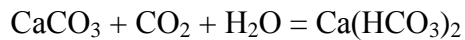
Бетоннинг шўралаши — бетон массасидан оҳак сутининг ювилиб чиқишидир. Бу жараён ўз навбатида, тўлдиргичлар билан туташишни сусайтиради, бинобарин ишоотнинг мустаҳкамлигини пасайтиради.

Сувнинг эритувчанлик таъсири сув қаттиқлигининг ортиши билан кучаяди. Ўта қаттиқ сув бетоннинг коваклари ва юзасида кальций карбонат ҳосил қилиш хусусияти туфайли уни мустаҳкамлаши ҳам мумкин.

Кўпинча бетон карбонат кислотали сув таъсирида ҳам емирилади. Аввалига эриган карбонат кислота $\text{Ca}(\text{OH})_2$ билан реакцияга киришиб CaCO_3 ҳосил қилади:



Бу жараённинг яхши томони шундаки, яхши эрийдиган $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ўзига нисбатан 40 марта кам эрийдиган CaCO_3 га айланади. Бироқ 1 литрда CO_2 250...300 миллиграмм бўлганда, қуйидаги иккиламчи жараён содир бўлади:



Осон эрийдиган кальций бикарбонат $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ моддаси, кейинчалик цементтошдан ювилиб чиқиб кетади. Унинг ўрнига яна $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ҳосил бўлади. Шундай қилиб, цементтош минералларининг деярли ҳаммаси эрийди. Вақтинчалик қаттиқлиги кўпи билан 24 °C бўлган сув бетон учун хавфли эмас.

Бетонни шўралашдан қутқариш учун бетон иншоотлари сирти битум, лак билан сувалмоқда, табиий тош, ҳатто қўрғошин тунука билан ўралмоқда. Лекин булар жуда қиммат бўлиб, аини вақтда узоқ вақтга чидамайди. Титратиш йўли билан ҳам бетоннинг юза қисмини зичлаш мумкин. Бу тадбирларнинг самараси камроқ. Чунки устки химоя қатлами зарб таъсирида шикастланса, бетоннинг емирилиши осонлашади.

Цементнинг сув таъсирида емирилиш масаласини немис олими Михаэлис ва рус олими А.А. Байков тўғри ҳал қилдилар улар қотаётган портландцементдаги сувда яхши эрийдиган эркин оҳакни актив қумтупроғи кўп бўлган қўшилма ёрдамида боғлаш йўлини қўлладилар. Бундай қўшилма табиий пуццоландир. Маълумки, бир вақтлар қурувчилар оҳакнинг сувга чидамлилигини ошириш учун пуццолан ва шунга ўхшаш трасс, туф, пемза қўшилмаларидан кенг фойдаланганлар. Портландцемент пайдо бўлиши билан пуццоландан фойдаланилмай қўйилган эди.

Рус цементчилари 1908 йили Петербургда ўтказилган халқаро конгрессда гидротехник иншоотлар қурилишида ишлатиладиган портландцементларни албатта пуццоланлаш тўғрисида тақлиф киритишди. Лекин бу аслида янгилик эмас эди.

Пуццолан-цемент асосан сув остида ва ер остида, шунингдек, сизот сувли ерларда иншоотлар барпо этишда ишлатилади. Қадимда, масалан, Бухорода сернам, сувли ва шўрхок ерларда пойдевор, даҳма деворлари, ҳовуз, ҳаммом қуришда «қир» деб аталувчи оҳакли пуццолан цемент кенг ишлатилган. «Қир» асосан ўсимлик кули, оҳак (баъзан гипс қўшилмаси), узум шинниси ва тухум оксидан тайёрланган. Узум шинниси ва тухум оксиди сирт-актив модда вазифасини бажарган.

Шундай қилиб, Россияда Италия пуццоланидан қолишмайдиган трепел, опока, диатомит, трасс ва туф сингари гидравлик қўшилмалар кенг қўлланила бошлаган. Авваллари заводларда портландцементга 10...15% қўшилма ишлатилган бўлса, кейинчалик цементнинг мустаҳкамлигига таъсир қилмайдиган даражада 20...40% гача қўшиладиган бўлди. Бу айни вақтда ҳам цементнинг сувга чидамлилигини оширади, ҳам унинг таннархини арзонлаштиради.

Агар бетонга шимиладиган сув таркибида эриган тузлар бўлса, кимёвий эриш жараёни ҳам кетади. Тузлар деярли ҳамма сувлар таркибида бўлиб, цементтош сифатини бузади. Дарё сувининг бир тоннасида ўрта ҳисобда 1,5 килограммгача туз бўлади. Дарё сувининг тузлари: кальций сульфат ва кальций карбонатдан ташкил топган бўлса, денгиз сувидаги тузлар таркибида: ош тузи 78%, магний хлорид 11%, магний сульфат 5% ва кальцийнинг турли тузлари 4% бор. Шу сабабли одатдаги портландцемент, денгизда сув ости гидротехника иншоотлари қуришда ишлатилмайди. Бунинг учун эса махсус цементлар яратиш лозим.

Қурилиш тажрибасидан маълумки, таркибида сульфат кислотасининг кальций, магний, натрий, аммоний тузлари ва уларнинг аралашмаси бўлган сувлар таъсирида бетон баъзан ёрилиб кетади. Чунки сувдаги бундай моддалар қотиб қолган оддий портландцементтош таркибидаги гидроалюминат $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ билан кимёвий реакцияга киришиб, бациллани эслатувчи нинасимон кристаллар ҳосил қилади. Кўпинча бундай бирикма «цемент бацилласи» деб ҳам аталади. Унинг кимёвий ифодаси қуйидагича: $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$.

Баъзан кальций гидросульфоалюминат деб аталадиган бу бирикма ҳосил бўлгач, қотган цементтош ҳажмий кенгайишга интилади. Натижада ички кучланиш зўрайиб, цементда дарзлар пайдо бўлади. Чунки эримаган $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ билан эриган гипснинг бирикиши туфайли кам эрувчан гидросульфоалюминат ҳосил бўлиши ҳажмнинг (эримаган $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ га нисбатан) тахминан 4,6 марта кенгайишига сабаб бўлади. Цементтошнинг кенгайиши натижасида унинг структураси бузилиб, мустаҳкамлиги пасаяди ва у емирилаверади. «Цемент бацилласи» бетон учун хавфли ҳисобланиб, у шўрлалаш билан бирлашганда айниқса хавф кучаяди. Бацилла таъсирида иншоот чатнаб ёрилади ва бетон ичида сувга йўл очилади.

Бинобарин, кальций гидратнинг эриши учун қулай шароит туғилади. Хуллас, «цемент бацилласи» цементнинг шўраладини тезлаштиради.

Бетоннинг бундай сувларга чидамлилигини оширишда боғловчи материалларни тўғри танлашнинг аҳамияти катта. Бу ўз навбатида бетоннинг хизмат муддатини узайтиради. Портландцементнинг сульфатли сувларга чидамлилигини ошириш учун унинг таркибидаги $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ни чиқариб ташлаш керак. Лекин бу тадбирнинг салбий томони ҳам бор. Бу минерал цемент таркибидан бутунлай чиқариб ташланса, цементнинг қотиши жуда секинлашиб кетади. Буларнинг олдини олиш учун ҳосил бўлаётган цемент таркибидаги $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ нинг миқдорини чеклаш керак. Бундай цемент ишлаб чиқаришда хом ашёнинг таркибий қисмига катта эътибор берилади. Шу йўсинда «цемент бацилласи» нинг тарқалиб кетиши камаяди. Бундан ташқари, дастлаб портландцемент таркибига 20% дан ортиқроқ диатомит, трепел, пемза, опока, глиеж, глинит каби пуццолан қўшилмалар қўшиш билан унинг сульфатли сувларга ҳам чидамлилигини ошириш мумкин. Бундай цемент пуццолан портландцемент деб аталади.

Шунингдек, қотаётганда кам оҳак ажратадиган клинкер асосида тайёрланган цемент оҳакнинг ювилиб кетишига чидамли бўлади.

Агар бетон ичига сингадиган сув саноат оқоваси билан ифлосланган бўлса, у бетонга янада ёмон таъсир кўрсатади. Чунки бетон ишқорий маҳсулот бўлиб, унинг таркибида эркин ҳолатдаги оҳак гидрат жуда кўп. Шунинг учун у ўз табиатига кўра, кислота таъсирига чидамсиз. Оҳак кислота таъсирида жуда тез эрийди. Шу боисдан идиш, қувур ва аппаратларнинг бетон таглиги, девор ва шиплар, целлюлоза, айрим турдаги ўғитлар, сут кислота ва озиқ-овқат корхоналарида тез бузилади.

Портландцементтошга ишқор эритмалар (NaOH , KOH) турлича таъсир кўрсатади. Ишқор эритмаларининг паст концентрацияси бетонга зарар етказа олмайди. Цементтошга вақт-вақти билан ишқор ва ҳаво таъсир этиб турса, унинг ковакларида тўпланаётган ишқор эритмаси карбонат ангидрид гази иштирокида карбонланиб, кристаллана бошлайди. Ҳосил бўлган ишқорий тузлар ҳаводаги намлик билан серсув гидратлар ҳосил қилади. Шунда цементтош ҳажман кенгаяди, бироқ бундай хавфли кенгайиш суюлтирилган ишқорий эритмаларнинг доимий таъсирида кам рўй беради.

Жуда катта концентрацияли ишқорий эритмалар эса цементтошни бузади. Бундай шароитда бир хил ионлар (OH) борлиги туфайли $\text{Ca}(\text{OH})_2$ нинг эрувчанлиги камаяди, аммо цементтошдаги бошқа таркибий қисмларнинг, айниқса алюминатли бирикмаларнинг эрувчанлиги ниҳоятда кучаяди. Юқори концентрацияли ишқорий эритмалар таъсирида цементтош минераллари ўзаро реакцияга киришиб, осон эрийдиган ишқорий-ер силикатлар ва

алюминатлар ҳосил қилади ҳамда цементтош тезда бузилади. Шундай қилиб, цементтошнинг кимёвий чидамлилигини ошириш халқ хўжалигида катта аҳамиятга эга бўлган масаладир.

В.М. Москвин цементтошнинг сувли муҳитда коррозияланиши (бузилиши)ни асосий аломатларига қараб қуйидаги уч асосий тўрга бўлди:

1-тур коррозия—таркибий қисмлари эриб кетиши натижасида цементтош бузилади;

2-тур коррозия—судаги моддалар билан цементтош таркибий қисмлари орасидаги ўзаро алмашинув реакциялари натижасида цементтош бузилади;

3-тур коррозия—цемент ҳамири ғовақларида кам эрийдиган тузларнинг чўкиши ва кристалланиши натижасида цементтош бузилади.

Табиий сувлар таъсиридаги бетонлар коррозиясининг асосий турлари тўла классификациясини В.В. Кинд тузиб чиқди.

1. Цементтошдаги кальций гидрат оксиднинг ўз-ўзидан эриб бетондан ажралиб чиқиб кетиши, ювилиб ишқорсизланиш коррозияси;

2. рН қиймати камида 7 га тенг бўлган кислоталар таъсири натижасида емирилиш — кислота коррозияси;

3. Кислота коррозиясининг айрим бир хил бўлган ва цементтош емирилишига сабабчи бўлувчи карбонат кислота коррозияси;

4. Сульфат коррозияси, у ўз навбатида қуйидагиларга бўлинади: а) концентрацияси 0,25...0,3 дан 1 г/л гача бўлган ионларнинг таъсирида вужудга келадиган сульфоалюминат коррозияси;

б) эритмадаги концентрацияси 1 г/л дан кўп бўлган, асосан сульфат ионлари (SO_4^{2-}) таъсирида вужудга келувчи сульфоалюминат—гипсли коррозия; в) таркибида кўп миқдорда Na_2SO_4 ва K_2SO_4 бўлган сувлар таъсирида амалга ошадиган гипсли коррозия;

5. Магнезиал коррозия, бу ҳам ўз навбатида қуйидагиларга бўлинади: а) суда SO_4^{2-} ионлари бўлмаган ҳолда магний катионларининг ўзининг таъсирдан вужудга келувчи магнезиал коррозия; б) Mg^{2+} ва SO_4^{2-} ионларининг биргаликдаги таъсири натижасида цементтошда содир бўладиган жараёнларни ифодаловчи сульфат магнезиал коррозия.

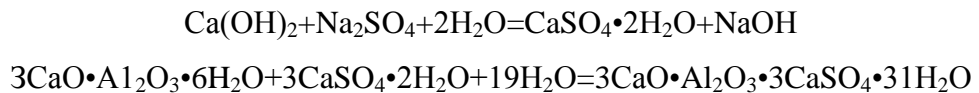
Коррозиянинг бу турлари табиий сувлар, саноат ва маиший комбинатларнинг оқова сувлари таъсирида вужудга келиши мумкин. Бундан ташқари, гипс ва кислотанинг биргаликдаги таъсири ҳам катта аҳамият касб этиши мумкин. Олтингугурт водородли кислоталар таъсиридаги коррозия ўзгача ўтади. Бундан ташқари, цемент ва бетон конструкциялар мол ёғи, ўсимлик мойи, углевод, спирт, фенол, шакар, турли кислоталар ва ишқорлар таъсирига учраши ҳам мумкин.

Коррозияга сабабчи бўлган моддалар қанчалик турли бўлмасин, улар таъсирида бўладиган коррозияни В.М. Москвин ва В.В. Кинд квалификацияси билан тушунтирса бўлади. Шу сабабли айрим мисолларда В.В. Кинд классификациясининг баъзиларини кўриб чиқамиз.

Сульфоалюминатли коррозия — бу сульфатли коррозиянинг бир тури бўлиб, у цементтош ва бетонда 0,25...1 г/л ионлари бўлган сульфатли сувларнинг таъсирида вужудга келади. SO_4^{2-} ионларининг миқдори кўрсатилган миқдордан ортиб кетса бу коррозия сульфоалюминат гипсли коррозияга айланади. Сульфат ионларининг концентрацияси 0,25 г/л пастга тушиб кетса В.В Кинд маълумотларига кўра бу ҳол портландцементлар учун хавфли бўлмайди.

Табиий сувлар ёки саноат оқовалари таркибида CaSO_4 , Na_2SO_4 , MgSO_4 , MgCl_2 , NaCl ва шу каби тузлар турли миқдорда бўлиши мумкин.

Сульфоалюминатли коррозия қуйидаги реакциялар орқали ҳосил бўлиши мумкин:



Натрий гидрат оксиди яхши эрийдиган модда бўлиб, цементтошдан ювилиб кетади, бу реакция давомида қийин эрийдиган кальций гидросульфоалюминат ҳосил бўлади. У кристалланаётганда 30...32 моль сувни ютади, ҳажми тахминан 4,6 марта кўпаяди, оқибатда цементтошнинг мустаҳкамлиги кескин бузилади.

Кальций гидросульфоалюминат кристаллари узун ингичка игналардан иборат бўлиб, ташқи кўриниши баъзи бациллиларга ўхшаб кетади. Бу ўхшашлиги учун, шунингдек, цементтошга жуда хавфли таъсир кўрсатиши сабабли, кальций гидросульфоалюминат «цемент бациллеси» деб аталган.

Биринчи даврда кальций гидросульфоалюминат (эттрингит) ҳосил бўлганда (гипс йиғилганда ҳам) у цементтошнинг зичланишига ёрдам беради, лекин сульфатли сувлар таъсирида тўпланиш яна давом этиши натижасида цементтош шиддат билан бузила бошлайди.

Цементтошнинг сульфатли коррозияси натижасида бузилиш тезлиги сувдаги сульфатлар миқдорига ва клинкернинг минералогик таркибига боғлиқ. Клинкер таркибидаги C_3S ва C_2S миқдорининг сульфатли сувларда цемент чидамлилигига таъсири тўғрисида адабиётларда аниқ маълумот йўқ. Баъзи тадқиқотларда C_2S кўпайиши билан цементнинг сульфатли сувларга чидамлилиги $\text{Ca}(\text{OH})_2$ нинг камайиши ҳисобига ортади деб кўрсатилган. Натижада кальций гидроалюминат эрийди ва эритма ҳолида кальций сульфат билан бирикади, бундан цементтош бузилмайди, C_3S нинг миқдори кўп бўлса, цементтош ичида анча миқдорда $\text{Ca}(\text{OH})_2$ эритмаси ҳосил бўлади. Бундай эритмада кальций гидроалюминат эрий олмайди ва у қаттиқ ҳолича қолади. $\text{C}_3\text{A} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ қаттиқ ҳолида гипс билан реакцияга киришиши натижасида ҳажман жуда

кенгайиб кетадиган кальций гидросульфоалюминат ҳосил бўлади. Бу эса цементтошнинг бузилишига сабаб бўлади.

Баъзи тадқиқотчиларнинг фикрича, C_3S кўпайиши билан цементтошнинг сульфатли коррозиясига қарши чидамлилиги ортади. Бироқ бундай ҳодиса кальций гидросульфоалюминатнинг ҳосил бўлиш жараёни учун зарур шароитларнинг ёмонлашуви туфайли эмас, балки клинкер таркибида C_3S нинг миқдори кўп бўлган цементтош бирмунча тезроқ қотиши ва зичланиши туфайли содир бўлади. Натижада сульфатли сувларнинг цементтош ичига сингиб кириши секинлашади ва кальций гидросульфоалюминат ҳажман кенгайганда унинг бузилишига механик қаршилиги ортади.

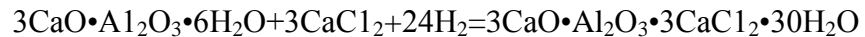
Уч кальцийли алюминат миқдорининг цементтошнинг сульфат коррозиясига қарши чидамлилигига таъсири тўғрисида куйидаги умумий фикр бор: C_3A нинг миқдори кўпайиши билан цементнинг сульфатга чидамлилиги камаяди. Сув таркибида сульфатлар кўп бўлса цемент сульфатга кам чидайди.

Шундай қилиб, эттрингит - кальций гидрат оксиднинг концентрацияси камида 1,08 г/л (CaO га нисбатан ҳисоблаганда 0,4...0,46 г/л) атрофида ва тўрт ҳамда уч кальций гидроалюминатлар бор бўлса ҳосил бўлади. $Ca(OH)_2$ нинг бундан кам концентрацияларида эттрингит суюқликда ҳосил бўлиб, цемент бетоннинг бузилишига сабаб бўлмайди. Гидравлик қўшилмаларнинг коррозиядан химояловчи таъсири шу усулга асосланган.

Цемент таркибида гидравлик қўшилмалар бўлса, у ишқорсизлантириш коррозиясини секинлаштиради. $Ca(OH)_2$ нинг қўшилма қумтупроқ билан ёмон эрийдиган кальций гидросиликат ҳосил қилиши, шунингдек, гидравлик қўшилма уч кальций гидроалюминат билан ўзаро таъсир этиб уни кам асосли алюминатга айлантириши мумкин. Шу билан хавфли «цемент бацилласи» нинг ҳосил бўлишига йўл қўйилмайди, Гидравлик қўшилма таркибидаги актив қумтупроқ (кремний оксид) кальций оксид билан реакцияга киришиб сув муҳит концентрациясини, CaO га нисбатан ҳисоблаганда, 1,2...1,3 дан 0,06...0,08 г/л гача пасайтиради. Шунинг учун концентрацияси 0,5% гача бўлган $CaSO_4$, Na_2SO_4 ва $MgSO_3$ эритмалар пуццолан портландцементдан тайёрланган бетонлар учун хавфли эмас. Бу сульфатларнинг таркибида $NaCl$, $CaCl_2$ ва бошқа тузларнинг бўлиши биринчиларнинг агрессивлик таъсирини камайтиради.

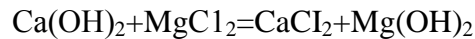
Шундай қилиб, Cl^- ва SO_4^{2-} ионлари бор тузларнинг эритмалари портландцементтошга агрессив таъсир кўрсатади ва шу сабабли улар сувда (муҳитда) маълум миқдорда бўлиши керак. Рухсат этиладиган бир ион миқдори, иккинчи ион миқдорига боғлиқ ҳолда ўзгаради. Масалаи, Cl^- ионларининг кўпайиши билан йўл қуйиладиган SO_4^{2-} ионлари ҳам кўпаяди; хлор иони

кальций оксиднинг бир қисмини ютиб, уч кальций алюминат сингари эримайдиган бирикмага айлантиради (куйидаги реакция бўйича):



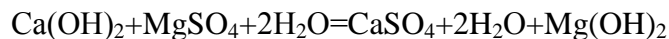
MgSO_4 нинг 0,5% концентрацияли эритмаси пуццолан портландцементдан тайёрланган бетонларни фақат магнезиал коррозия ҳисобига буза бошлайди.

Магнезиал коррозия. Бундай коррозия MgSO_4 дан ташқари бошқа магний тузларининг таъсиридан вужудга келади:

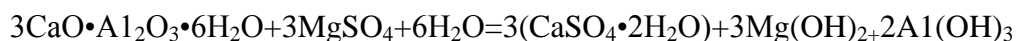


Натижада аморф ҳолидаги магний гидрат оксид ва филтрловчи сув билан осонгина ювилиб кетадиган ҳамда жуда яхши эрийдиган кальций хлорид ҳосил бўлади. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ сувда жуда кам эрийди. У мустаҳкам $\text{Ca}(\text{OH})_2$ кристалларини қовушмаган юмшоқ массага айлантиради. Унда боғловчилик хоссалари ҳам йўқ. MgCl_2 таъсирида гидросиликат ва гидроалюминатлар ҳам парчаланиши мумкин. MgCl_2 таъсиридаги коррозия сувда бу тузнинг концентрацияси 1,5...2% дан ошган сари кучаяди. Mg^{2+} ионларининг миқдори сувда 0,5 г/л га етганда бундай сув агрессив ҳисобланмайди.

Сулфат-магнезиал коррозии. Бу турдаги коррозия MgSO_4 эритмаси таъсирида содир бўлади:



Натижада эриган оҳак камаяди, шу билан кальций гидросиликат ва гидроалюминатлар парчалана бошлайди. Боғловчилик хоссаларига эга бўлмаган аморф модда $\text{Mg}(\text{OH})_2$ еки ҳосил бўлган жойда қолади, ёки цементтошдан ювилиб кетади. Бундан MgSO_4 уч кальций гидроалюминат билан ўзаро таъсирлашиб, уни алюминий гидрат оксидгача парчалайди:



Аввал ғоваксимон $\text{Mg}(\text{OH})_2$ массаси билан икки молекула сувли гипснинг ҳосил бўлиши цементтош ва бетоннинг бутунлигини сақлаб қолишга жуда ёмон таъсир кўрсатади. Бунга иккинчи реакциянинг ҳам қўшилиб кетиши жараёни янада ёмонлаштиради. MgCl_2 тузларда SO_4^{2-} иштироқ этса ва SO_4^{2-} ионларнинг миқдори анча бўлганда магний ионларининг таъсири кучли бўлади. Шунинг учун ҳам ионларнинг рухсат этиладиган миқдори Mg^{2+} ионлар кўпайиши билан тегишлича камайтиради.

Портландцемент асосида ишланадиган бетонлар учун Mg^{2+} ионларининг сув муҳитдаги миқдори, SO_4^{2-} ионларидан қанча миқдорда борлигидан қатъи назар, 1 литрда 5 г дан ортик бўлмаслиги лозим.

Таркибида SO_4^{2-} ва Cl^- ионлари бўлган тузли эритмалар таъсирдан цементтош доим бузилавермайди. Алмашинув реакцияларининг дастлабки даврида ёки кўрсатилган ионлар миқдори кам бўлганда, бу реакциялар натижасида цементтош зичлашиши ва унинг филтрлаш қобилияти бўшашиши мумкин. Бунда алмашинув реакцияларининг кам эрийдиган маҳсулотлари, чунончи, кальций сульфат ва магний гидрат оксиди иштирок этади, улар ковакларни бутунлай беркитиб, агрессив сувнинг цементтошга сингиб киришига халақит беради.

Ҳозиргача кўрилган барча тур коррозиялар кимёвий йўл билан вужудга келади. Цементтошда физик коррозия жараёнлари ҳам содир бўлиши мумкин. Булар цементтош ва бетон гоҳ намикиб, гоҳ қуриб кичрайиши ва шишиши (деформацияларга учраши) туфайли ва эрувчан тузлар сувнинг цемент ковакларида буғланиши туфайли тўпланиб қолиши, шунингдек, сувга тўйиниб турган бетонларнинг дам музлаб, дам эриб кетиши натижасида содир бўлиши мумкин. Айниқса цементтош ва бетон ковакларида ҳамда найсимон капиллярларида тузларнинг кристаллогидратларга ўтиши натижасида ковак ва капилляр деворларига катта босимли куч билан таъсир қилади.

Бетонлар 3 ой давомида 5 % концентрацияли куйидаги эрувчан тузлар: NaSO_4 , MgSO_4 , NaCl , CaSO_4 нинг дам шимиши ва дам буғланиши натижасида вужудга келган кристалланиш босими тегишлича 0,44, 0,36, 0,27, 0,9 МПа бўлади.

Цементтош ва бетон микроковаклари ва капиллярларида кимёвий коррозия туфайли тўпланган туз ҳам бўлиши мумкин-у икки молекула сувли гипс ва гидросульфоалюминатдир. Бунинг таъсирида бетонларнинг бузилиши юқорида кўриб ўтилди. Бундай коррозия Ўрта Осиё ва Қозоғистон республикаларида кўп учрайди. Na_2SO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ каби тузлар цементтош ҳамда бетон ковакларида температура ва намликнинг шундай бир ноқулай пайтларида сувсиз, камсувли гидратли тузлардан кўп гидратли сувларга ўтиб кетади ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ва бошқалар).

Бундай айланиш жараёни қаттиқ фазалар ҳажмини 1,5...3 марта орттиради, бу эса бетон сиртида ўнлаб МПа босим ҳосил қилиб, кучли деформацияларни юзага келтиради.

Цементтошнинг совуққа чидамлилиги. Сув билан совуқ бир-галикда навбатма-навбат таъсир қилганда, бетон конструкциялар айниқса кучли шикастланади. Цементтош ковакларидаги сув манфий, температураларда музга айланади. Сув музлаганда унинг ҳажми тахминан 10% кенгаяди ҳосил бўлган муз ковакчалар деворларига куч билан таъсир қилади ва уларни бузади. Цементтошнинг бундай ташқи муҳит таъсирига чидамлилиги унинг қанчалик майда туйилганлиги, цемент таркиби, клинкернинг минералогик таркиби ва қориш учун солинган сув миқдorigа боғлиқ.

Бир қатор тадқиқотлар натижаларига асосланиб куйидаги хулосага келиш мумкин: цемент маълум даражагача ($500 \dots 600 \text{ м}^2/\text{кг}$) майда килиб туйилса, цементтошнинг совуққа чидамлилиги бирмунча ортади, аммо бу қадар майда туйилса, совуққа чидамлилиги сезиларли пасая бошлайди, чунки жуда майда туйилган цемент янги ҳосилалари ғовак структурали бўлади ва улар кўп жойидан дарз кетади. Цементтошда «клинкер захираси» яъни реакцияга киришмаган цемент доналари бор, бу доналар цементтош ёрилиб, ёриқларига сув кира бошлаганда шу ёриқларни клинкер захираси билан реакцияга киришган ҳосилалар билан тўлдиради («ўз-ўзини даволаш» жараёни).

Цементда гидравлик қўшилмалар миқдори кўп бўлса ҳам у цемент сифатига салбий таъсир қилади, яъни қўшилмалар хаддан ташқари кўпайиб кетса цементтошнинг совуққа чидамлилиги камайиб кетади.

Цемент клинкери минераллари орасида уч кальций алюминат совуққа энг чидамсиз ҳисобланади.

Қориш учун қуйилган сув миқдори цементтошнинг совуққа чидамлилигига катта таъсир қилади, агар сув кўп қуйилса, цементтош кўпроқ ғоваклашади ва у шунчалик совуққа чидамсиз бўлади.

Цемент ва клинкер таркибини мақбул танлаш йўли билан бетонбоп қоришмаларни яхшилаб зичлаш, шунингдек, сирт-актив қўшилмалар қўшиш ёрдамида цементтошни совуққа яна ҳам чидамли қилиш мумкин.

Цементтош қотгандан сўнг унда майда-майда коваклар пайдо бўлади. Булар унинг сув сингдирувчанлигини камайтириш билан бирга совуқ температурага салбий таъсирчанлигини сусайтиради. Бундай майда ковакчалар музлаб қолган сув босимида бардош бериб, музнинг бузувчи кучини қирқади. Бу эса цементтошнинг совуққа чидамлилигини оширишга сабаб бўлади.

Гидрофоб қўшилмалар, масалан, милонафт, цементтош структурасининг бир жинслилигини оширади ва ковак ҳамда капилляр деворчаларини гидрофоблайди, шу билан цементтошнинг сув таъсирига чидамлилигини кучайтиради. Шуниси ҳам борки, гидрофилловчи қўшилмалар (масалан, сульфит-спирт бардиси—ССБ) зарур даражада ёйилувчанликни сақлагани ҳолда бетонбоп қоришмаларнинг сувга талабини анча пасайтиради ва шу билан цементтошнинг ғоваклигини камайтиради. Шу тарзда унинг совуққа чидамлилиги ва сув ўтказмаслиги ошади.

Юқорида кўрсатиб ўтилган қўшилмалар цемент умумий оғирлигининг $0,1 \dots 0,25$ процентини ташкил қилади. Шуниси таъкидлаш зарурки, цементтош учун қотаётган дастлабки даврда музлаш айниқса хавфлидир, хали унчалик мустаҳкам бўлмаган, ғовак структурали

цементтош муз босимиға бардош беролмайди. У етарли даражада қотган бўлса, яъни марка мустаҳкамлигининг 50 процентига етганда у музлашга яхши қаршилиқ кўрсата олади. Цемент тишлаша бошламасдан олдин музласа, мустаҳкамликка зарар етмайди, чунки у эригандан сўнг қотиш жараёнлари қайта тикланади.

Юқори температураларнинг портландцементтошга таъсири. Ноль даражагача температурада (қуруқ муҳит шароитида) цементтошда ҳеч қандай физик-кимёвий ўзгаришлар содир бўлмайди. Бирок, маълум вақтгача анча юқори температура таъсир қилиб турса, мустаҳкамлик ўзгара бошлайди. Масалан 200 °С температурада портландцемент асосида ишланган бетон мустаҳкамлиги тахминан 50 % пасаяди ва иссиқлик манбаи олиб қуйилганидан кейин ҳам бу мустаҳкамлик қайта тикланмайди. Температура ортиб бориши билан бетон мустаҳкамлиги янада пасаяди. Айтайлик, бетон 500...550⁰С температурагача қиздириб намланса, цементтош структураси бузилади; бу температурада Са(ОН)₂ кальций оксид (СаО) ва сувга ажралади, цементтош намланганда тош ичидаги оҳақ қайта сўнади ва тош бузилади.

Ҳозирги вақтда жуда юқори, масалан 1000...1300⁰С температура таъсирига ҳам яхши қаршилиқ кўрсата оладиган цемент яратиш усуллари ишлаб чиқилган, улардан турли иссиқлик аппаратларини қоплашда фойдаланса бўлади. Майда туйилган шамот, хромит, магнезит ва бошқа минерал моддалар қўшиш билан портландцементтошнинг юқори температураларга чидамлилиги оширилади. Юқори температура шароитида қўшилмалар Са(ОН)₂ ни боғлайди ва шу билан цементтош қиздирилган ҳамда совитилганда зарур даражада мустаҳкам ва муайян структурада бўлишга ёрдам беради.

Демак, портландцемент жуда қимматли қурилишбоп хоссаларга эга, яъни у ниҳоятда мустаҳкам бўлиб, мустаҳкамлиги нисбатан тез ўсади, шунингдек, турли ноқулай муҳит таъсирига чидамли. Уни олиш ҳам нисбатан арзон. Бу эса портландцемент ишлаб чиқаришни юқори даражада механизациялаштиришга имкон беради.

Индустриал қурилишда йиғма бетон ва темир-бетон конструкциялар тобора кўп ишлатилаётган даврда портландцемент каби қимматли боғловчи материални кўплаб ишлаб чиқариш ва улардан тежамли фойдаланиш ниҳоятда муҳимдир.

9-б о б. МАХСУС ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЛАР

Портландцемент турлари

Цементнинг кўп турлари маълум. Баъзи бирлари жуда тез қотса, баъзилари жуда секин қотади. Сув иншотлари учун цементнинг бир тури ишлатилса, йўл қурилиш ишларига иккинчиси ва бошқа бинокорлик қоришмалари учун эса учунчи тури қўлланилади. Цементнинг

бундай хилма-хиллиги, унинг таркибидаги туртта минералнинг бир-бирига қандай нисбатда бўлишидадир.

Цемент қанча яхши туйилган бўлса, унинг сифати шунча яхши бўлади, тишланиш қобиляти шунча ошади, чунки заррачаларнинг умумий юзи қанча катта бўлса, модда заррачалари ўртасидаги физик-кимёвий жараёнлар шунча тўла ва тез ўтади.

Портландцемент гидравлик боғловчи моддаларнинг бир туридир. Бу боғловчи моддалар қаторига яна қумтупрокли цемент, пуццолан цемент, шлакли цемент, микротўлдирувчи цемент, кенгаювчи цемент каби гидравлик боғловчилар киради. Бу боғловчи моддалар яна бир қанча кўринишларга ҳам эга.

Масалан, портландцемент таркибига кўра: оддий, алитли, белитли, алюминатли, алюмоферритли, ферритли; хоссаси ва ишлатилишига кўра: оддий, тез қотувчан, махсус тез қотувчан, пластификацияланган, гидрофоб, сульфатли сувларга чидамли, ўртача экзотермияли, тампонаж, оқ ва рангли хилларга бўлинади.

20-§. Тез қотувчан портландцемент

Жадаллик билан ўсиб бораётган индустриал қурилиш талабини тўла қондириш учун заводлар олдида тайёр бетон элементларини кўплаб ишлаб чиқариш вазифаси қўйилди. Бунга эса ўз навбатида портландцементни жуда майдалаб туйиш ва таркибидаги актив минералларни купаптириш йўли билан эришилади. Бундай портландцемент 1-3 кун ичида мустаҳкамланиши билан оддий портландцементлардан фарқ килади. Бундай цемент ишлатилганда, йиғма конструкция ишлаб чиқариш технологик жараёнининг муддати анча қисқаради ва корхонанинг ишлаб чиқариш унумдорлиги ортади.

Бир-икки кун ичида очик жойда мустаҳкамлиги етарли даражада ортадиган боғловчи модда тез қотувчан цемент деб аталади. Унинг бир кундан кейин сиқилишга мустаҳкамлиги 20 МПа бўлса, уч кундан кейингиси 30 МПа гача кўтарилади. Бундай цемент конструкциялар ёки буюмлар тайёрлаш лозим бўлса шунингдек, буғлаш учун шароит бўлмаган жойларда ишлатилади. Тез қотувчан цемент олиш учун таркибида 50-60% уч кальций силикат (C_3S), 8-14% уч кальций алюминат (C_3A) билан тўрт кальций алюмоферрит (C_4AF) ҳамда 8% қурилиш гипси қўшилган цемент клинкери ишлатилади. Қўшиладиган қурилиш гипси оптимал миқдордан ошмаслиги керак, акс ҳолда буюм ёки конструкцияда дарзлар ҳосил бўлиши мумкин.

Юқорида айтилганидек, гипс цемент таркибида унинг тишланиш қобилиятини секинлатибгина қолмасдан, цементнинг дастлабки қотиш даврида унинг янада мустаҳкамланиб боришга ҳам актив иштирок килади: гипс билан C_3A ўзаро таъсир этишидан ҳосил бўлган кальций гидросульфоалюминат цемент бетонларнинг яна ҳам мустаҳкамланишига ёрдам беради. Бу вақтда энг муҳим шароитлардан бири шуки, кальций гидросульфоалюминат ҳосил бўлиш жараёни цементнинг биринчи қотиш кунларидаёқ тугаши мумкин (акс холда бетон емирилади).

Кальций гидросульфоалюминатнинг ҳосил бўлиш тезлиги цементнинг қанчалик майда туйилганлиги ва гипснинг эриш даражасига, эриш даражаси эса ўз навбатида унинг модификациясига боғлиқ. Гипс қўшилма сифатида ярим молекула сувли $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ ёки икки молекула сувли $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ кўринишда ишлатилади. Биринчисининг эрувчанлиги иккинчисиникига нисбатан 5 марта кўп. Демак, цементга ярим молекула сувли гипс қўшиш кўпроқ фойдали экан.

Завод шароитида икки молекула сувли гипс ишлатиш мумкин. Цементни шар тегирмонларда туйганда у жуда қизиб кетади ва шу иссиқлик таъсиридан икки молекула сувли гипс сувсизланиб, ярим молекула сувли гипсга айланади. Гипс қўшимча равишда туйилган цементга қўшилса, масалан, иккинчи марта туйганда (амалда йиғма темир-бетон заводларида шундай қилинади) ярим молекула сувли гипс қўшган маъкул.

Бироқ цемент заводларида ҳамма вақт таркибида C_3S ва C_3A аралашмаси кўп бўлган цемент ишлаб чиқариб бўлмайди, бу хом ашё сифатига, ёқилги ва технологик жараённи ташкил этишга боғлиқ. Цементни жуда майдалаб туйиш ҳам иқтисодий жихатдан фойдали эмас. Аммо шу билан бирга темир-бетон буюмлари заводларида, айниқса олдиндан зўриқтирилган темир-бетон буюмлар ишлаб чиқариш учун тез қотадиган цемент керак бўлади. Бундай шароитларда цемент вибротегирмонларида яна бир марта туйиб олинади.

Йиғма темир-бетон ишлаб чиқаришда ишлатиладиган цементларнинг ҳаммаси вибротегирмонларда туйилиши мумкин. Шлак портландцементларни қайта туйиш айниқса яхши фойда беради.

Цемент вибрацион установкада қайта туйилса, дастлабки даврда ҳам яхши мустаҳкамлана бориши билан бирга, маркаси ҳам ортади. Масалан, 400 маркали цемент қайта туйилса 600 маркали цемент ҳосил бўлади.

Цементнинг тез қотувчанлиги, биринчидан унинг минералогик таркибига, иккинчидан клинкернинг майдаланиш даражасига боғлиқ. Клинкер қанчалик майда қилиб туйилса, олинган цемент шунча тез қотувчан бўлади. Шу сабабли тез қотувчан цемент олишда унинг майдалик

даражасини ифодаловчи солиштира юзасини 350-450 м²/кг гача етказиш керак (оддий портландцементнинг солиштира юзаси 250-300 м²/кг).

Тез қотувчан цемент олиш учун И.В. Смирнов ва Б.В. Осин портландцементга 1,2...2% хлорид кислота (НС1) ва 10...15% қайновчи оҳак қўшиб, солиштира юзини 400...500 м²/кг га етказишни таклиф этдилар.

Цемент заррачалари қанча кичик бўлса, унинг эриш ва гидратацияланиш жараёни шунчалик тезлашади. Масалан, цемент заррачаларининг қатталиги 10 мкм бўлса, бундай цементдан тайёрланган намунанинг уч кундан кейинги мустаҳкамлиги, йириклиги 60 мкм бўлган цементникига нисбатан 7 марта катта бўлади. Цемент майдалигининг унинг мустаҳкамлигига таъсири 31-жадвалда берилган.

31-жадвал.

Цемент майдалигининг унинг мустаҳкамлигига таъсири

Солиштира юзи м ² /кг	Сиқилишдаги мустаҳкамлик, Мпа				
	1 кундан кейин	3 кундан кейин	28 кундан кейин	6 ойдан кейин	12 ойдан кейин
188	8,4	26	53	52	69
210	14,5	28	40	60	72
300	14,7	34	57	61	72
400	21,5	46	59	61	69
500	28	40	54	60	74

Тез қотадиган цементлар металл қолипларни тез бўшатишга имкон беради. Айрим вақтларда эса иссиқ ишлов беришдан ҳам озод қилади.

Махсус тез қотувчан портландцемент ҳам мавжуд. У тез қотувчан портландцементга нисбатан яна ҳам жадалроқ қотади. Бундай цемент таркибида камида 60-65% С₃С ва 8% С₃А бўлган клинкерни гипс иштирокида ўта майда туйиш (400-450 м²/кг) орқали олинади. Ўлчамлари 30 мкм бўлган заррачаларнинг умумий миқдори камида 50-60% баъзан 80% гача бўлиши керак. Стандартга кўра бу цементга минерал қўшилмалар қўшилмайди.

Махсус тез қотувчан цементнинг тишлашиш муддатларини яхшилаш учун кўп миқдорда гипс қўшилади (камида 4% гача SO₃ хисоблаганда). Цемент тез тишлашиб қолмаслиги учун цемент туйиш пайтида температуранинг жуда кўтарилиб кетишига йўл қуймаслик керак.

ГОСТ 310-85 га кўра махсус тез қотувчан портландцементнинг мустаҳкамлиги 1, 3, 28 суткадан кейин 30, 40 ва 50...60 МПа ни ташкил қилиш керак.

Ҳозирги кунда оддий портландцемент клинкерни сульфоалюминат клинкери билан биргаликда туйиш орқали бундан ҳам тез қотувчан ва юқори мустаҳкамликка эга булган цементлар олинади. 28 суткадан сўнг бундай цементларнинг маркаси 700-800 ни ташкил қилади.

21-§. Пластификацияланган ва гидрофоб портландцементлар

Клинкерни пластификациялайдиган ёки гидрофобловчи қўшилма билан биргаликда майда қилиб туйишдан ҳосил бўладиган гидравлик боғловчи моддалар тегишлича пластификацияланган ёки гидрофоб портландцемент деб аталади.

Пластификациялайдиган ва гидрофоб қўшилмалар цемент оғирлигини (курук моддага нисбатан ҳисобланганда) 0,1-0,25% миқдорда қўшилади.

Пластификацияловчи сирт-актив қўшилмалар сифатида стандарт талабларига биноан сульфит спирт бардаси (ССБ) нинг концентрати хизмат қилади.

Цемент заррачаларининг устида гидрофил моддаларнинг адсорбцион пардалари борлиги бетон қоришмасининг бевақт ёпишиб қолишига (коагуляцияга) тўсқинлик қилади, шунингдек, цемент заррачаларининг ва тўлдиргичларнинг қатлам-қатлам бўлиб чўкишини камайтиради ҳамда қоришмадан сувнинг ажралиб чиқишини камайтиради, яъни сув, шағал, кум ва цемент қоришмасининг алоҳида-алоҳида қатламламланишига йўл қўймайди.

Пластификацияланган цементдан тайёрланган бетон зич, совуққа чидамли ва кам сув ўтказувчан бўлади. Бундай цемент ишлатилганда 10% гача боғловчи материал тежаллади.

Пластификацияланган цемент 300, 400, 500, 600 маркаларда чиқарилади.

Портландцемент кўп вақт очиқ ҳавода сақланса, унинг маркаси кун сайин пасайиб боради, чунки ҳавода намлик цементдаги минераллар билан қисман бирикади. Бунинг учун цемент клинкерини туйиш жараёнида унинг 0,1-0,25% миқдорида махсус гидрофоб моддалар қўшилади. Бундай қўшилмалар сифатида қуйидаги моддалар ишлатилиши мумкин:

- а) асидол, цемент массасидан 0,08...0,12% миқдорида;
- б) асидол-милонфт, цемент массасидан 0,08...0,12% миқдорда;
- в) милонфт, цемент массасидан 0,1...0,25% миқдорда;
- г) олеин кислота ёки оксидланган петролатум, цемент массасидан 0,06...1% миқдорда;
- д) оксидланган петролатум, цемент массасидан 0,3% миқдорда.

Клинкерни туйиш жараёнида гидрофоб моддалар цемент заррачаси юзасини намланмайдиган парда билан қоплайди. Шунинг учун уни узоқ вақт ҳавода сақлаш мумкин. Бу вақт ичида унинг мустаҳкамлиги бошқа цементлар каби камайиб кетмайди. Гидрофоб цементдан қоришма тайёрланганда, қотиш вақтини 1,5-2 минут узайтириш керак, чунки цемент заррачалари сиртидаги гидрофоб парда қум ва шағалнинг ишқаланишидан бузилиб, сув билан эркин равишда бирикиши лозим. Шунинг учун гидрофоб цемент узоқ сақланса ҳам ўзининг пластиклик хоссасини йўқотмайди.

Гидрофоб портландцементдан буюм тайёрлаганда унинг зичлиги юқори бўлади, сув ўтказувчанлиги камаяди, совуққа чидамлилиги эса 800-1000 циклга ортади (оддий портландцемент бетоннинг совуққа чидамлилиқ маркаси СЧ-200-300). Гидрофоб портландцемент ҳам оддий портландцемент каби маркаларда чиқарилади.

22- § Сульфатга чидамли портландцемент

Бундай цементларнинг сульфатли сувлар таъсирига чидамлилиги юқори бўлади. Шундай цемент ҳосил бўлиши учун клинкер таркибидаги сульфатли моддалар (масалан CaSO_4) билан кимёвий реакцияга киришадиган минераллар миқдорини камайитириш зарур. Портландцемент коррозиясининг учинчи турига мувофиқ-«цемент бациллалари» сувдаги кальций сульфат билан клинкердан уч кальцийли алюминат ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) нинг ўзаро таъсир этишидан ҳосил бўлади. Сульфатлар таъсирига турғун бўлган цемент клинкерида уч кальцийли алюминат миқдори 5% дан ошмаслиги лозим, оддий цементда эса унинг миқдори баъзан 15% га етади.

Тўрт кальцийли алюмоферритнинг гидролизи натижасида ҳам уч кальцийли гидроалюминат ҳосил бўлиши мумкин. Шунга кўра сульфатлар таъсирига турғун бўлган портландцементда алюминатли таркибий қисмларнинг ҳаммаси 22% дан кўп бўлмоқлиги лозим:



Портландцементларда уч кальцийли силикат кўп миқдорда бўлганда цементнинг сув ва сульфат таъсирига турғунлиги камаяди. Гидролиз вақтида ундан эркин кальций оксид гидрати ажралиб чиқади, бу гидрат жуда эрувчан бўлганлиги сабабли бетондан ювилиб чиқиб кетади. Шунга кўра сульфат таъсирида турғун портландцементда уч кальцийли силикат миқдори стандартда кўрсатилгандек, 50% дан ошмаслиги шарт.

Оддий портландцемент ишлаб чиқариш технологияси кандай бўлса, сульфат таъсирига турғун портландцемент ишлаб чиқариш технологияси ҳам худди шундай. Сульфат таъсирига турғун портландцемент икки маркага бўлинади: 300 ва 400.

Бу портландцементдан гидротехника қурилишларида, доим намланиш ва кўриш ёки музлаш ҳамда эриш билан бирга сульфатли сувлар таъсирига учраб турадиган бетон ҳамда темир-бетон конструкциялар тайёрлаш учун кенг фойдаланилади.

1950 йилгача Ўзбекистондаги цемент заводлари таркибида алюминат кўп бўлган (15% гача) портландцемент ишлаб чиқарар эди. Бундай цемент сульфатли сувларга чидамсиз, чунки алюминат миқдори кўп бўлган портландцементнинг сульфатли сувларда емирилишига асосий сабаб уч кальцийли гидроалюминатнинг сувда эриган гипс билан ўзаро таъсир этиши натижасида кальций гидросульфоалюминат («цемент бацилласи») ҳосил бўлади. У цементтош ғовақларида кристалланиб, тошни емириб юборишига ҳаракат қилади. Демак, клинкер таркибида уч кальцийли алюминат (C_3A) минерали йўқ бўлса, цемент сульфатлар таъсирига бардош бера олади. Лекин клинкерда бутунлай уч кальцийли алюминатнинг бўлмаслиги ҳам мумкин эмас, чунки бу ҳолда цементнинг қотиши ниҳоятда секинлашиб кетади. Шунинг учун сульфатга чидамли портландцемент клинкери таркибидаги уч кальцийли алюминат миқдори 5% дан ошмаслиги лозим.

Цементнинг сувдаги коррозияси кўп жихатдан клинкерда уч кальцийли силикат (C_3S) миқдорига боғлиқ. Уч кальцийли силикатнинг гидролизи натижасида эркин кальций гидроксид ҳосил бўлади. У бетондан ювилиб чиқиб кетади ёки сульфат билан реакцияга киришиб гипс ҳосил қилади. Гипс уч кальцийли алюминат билан ўзаро таъсир этишади. Шунинг учун сульфатга чидамли портландцемент таркибида уч кальцийли силикат ҳам кўп бўлмаслиги керак. Лекин клинкер таркибида жуда оз бўлса ҳам сульфатга чидамли бўлган қотаётган цементда $Ca(OH)_2$ ҳосил бўлаверади. Шунинг учун, ювилиб кетиш коррозиясининг олдин олиш мақсадида сульфатга чидамли портландцементга 15% гача глиеж қўшилади. У $Ca(OH)_2$ ни юқорида айтиб утилганидек, кам эрийдиган кальций силикатларга айлантиради.

Ўзбекистон фанлар академиясининг муҳбир аъзоси, кимё фанлари доктори, профессор И.С. Канцпольский раҳбарлигида бир гуруҳ олимлар цементларнинг сифатини яхшилаш борасида олиб борган ишлари натижасида, бу цементларнинг сульфат сувларига чидамлилигини янада ошириш учун клинкер таркибидаги C_3A минерали миқдорини анча камайтириб, тўрт кальцийли алюмоферрит (C_4AF) минералининг миқдорини ошириш кераклигини аниқладилар. Бунга 2...3% колчедан қуйиндисини цемент хом ашёсига қуйдиришдан олдин қўшиб эришилди ва шу билан бирга цементни қуйдириш жараёни ҳам тезлашди. Темир колчедани катализатор сифатида қўшилиши маҳаллий цементларнинг ўрта

Осиё шароитида, айниқса, янги ўзлаштирилган жойларнинг қуруқ ва иссиқ ҳамда совуқ иқлим, кучли шамол ва шўр сувларига чидамли, кам алюминатли алюмоферрит портландцемент олиш имконини беради. Бу цемент 1960 йилдан Қувасой, 1965 йилдан эса Охангарон цемент заводларида ишлаб чиқарилмоқда.

Ўзбекистонда бундай цемент ишлаб чиқаришни биринчи бўлиб, техника фанлар номзоди С.Т. Тўхтажужаев амалга оширди. Юқорида айтилгандек, сульфатли сувларга чидамли портландцемент таркибида C_3A миқдори 5% атрофида олиниб, бундай цементда C_3S кўпи билан 50% ни ташкил қилар эди. Бу цементнинг дастлабки кунлардаги мустаҳкамлиги (маркаси) бирмунча паст бўлади. Силикати кўп (C_3S миқдори 50% дан ортик) цементнинг сульфатли сувларга чидамлилигини ошириш борасида ҳозир ҳам изланишлар олиб борилмоқда.

Баъзи олимлар юқори асосли, таркибида алит моддаси кўп бўлган портландцементлар қотаётганда зич, мустаҳкам структура ҳосил қилгани учун уларнинг ичига сульфатли сувларнинг сингиб кириши камайиб, пишиқроқ бўлади деб ҳисоблайдилар. Шунинг учун сўнгги йилларда АҚШ стандартларидан C_3S учун киритилган чегаралаш олиб ташланган.

И.С. Канцпольский раҳбарлигида олиб борилган кўп йиллик тажрибалар портландцемент клинкери таркибидаги C_3A миқдорини минимумгача (1...2% гача) камайтирилади ва C_3S миқдорини 50% атрофида қолдириб, цементлар асослигини ошириш мумкинлиги кўрсатиб берилди. Бу ишлар натижасида сульфатли сувларга чидамли 400 маркали, кам алюминатли алюмоферрит портландцемент олинади. Дастлаб сульфатли сувларга чидамли цементлар маркаси 300 га тенг эди. Шундай қилиб, олдиндан белгиланган минералогик таркибли цемент Қувасой хом ашёси базасида саноат миқёсида ишлаб чиқарилмоқда.

23-§. Оқ ва рангли портландцементлар

Оқ портландцемент-таркибида (0,3...0,45% гача) темир оксид бўлган оқ клинкерни майда туйишдан ҳосил бўладиган гидравлик боғловчи модда.

Клинкерни туйиш жараёнида 15% гача гидравлик ёки 10% гача инерт қўшилмалар, шунингдек, тишлашиш муддатларини керагича ўзгартириб туриш учун кўпи билан 3% гипс қўшишга руҳсат этилади. Гипс ва қўшилма туйилгандан сўнг бу цемент белгиланган даражада оқ бўлиши керак.

Портландцемент ранги клинкер минераллари таркибида қандай оксид борлигига қараб ҳар хил бўлади. Масалан, кальций силикатлар оқ, C_3S эса C_2S дан оқроқ бўлади ва хоказо. Айниқса уч кальцийли алюминат оқлиги билан бошқа цементлардан ажралиб туради. Тўрт

кальцийли алюмоферрит таркибида темир оксидлари борлиги туфайли қорароқ бўлади. Шу сабабли оддий портландцемент кул ранг-яшил бўлади. Демак, клинкерда уни бўёвчи оксидлар, айниқса Fe_2O_3 бўлмаса бундай цемент оқ рангли бўлади.

Шундай қилиб, оқ портландцемент ишлаб чиқаришдан асосий мақсад, таркибида темир оксид бўлмаган ёки жуда оз миқдорда бўлган хом ашё ишлатишдан иборат. Бундай клинкер таркибида C_4AF ҳам деярли бўлмайди. Бироқ маълум кимёвий таркибли хом ашё ишлатишнинг ўзи нихоятда оқ портландцемент ишлаб чиқариш учун кифоя қилмайди. Буёвчи оксидлар цементга ёқилғи кулидан ёки туйиш жараёнидан тегирмон шарларидан ёхуд тегирмоннинг пўлат қопламасидан ўтиши мумкин. Шунинг учун клинкерни пишириш пайтида кулсиз суюқ ёки газсимон ёқилғи ишлатилади. Клинкер пишиб бўлган заҳоти унинг оқлиги оширилади. Бунинг учун клинкер қайтариш-муҳит таъсирига учратилади. Шунда клинкер таркибидаги Fe_2O_3 кўринишидаги темир оксид камрок бўйядиган Fe_3O_4 га айланади ва цемент янада оқаради. Хом ашё аралашмаси ва оқ цемент клинкери маҳсус қаттиқ кам ёйиладиган пўлат ёки чинни плиталар қопланган шар тегирмонларда майдаланади.

Оқ портландцемент клинкерини плиталар ишлаб чиқариш учун зарур хом ашё сифатида жуда оқ бўлган материаллар-соф оҳактош ёки бўр ва сералюминий оксидли гиллар (каолинлар) ишлатилади.

Оқ портландцемент оқлик даражасига караб уч навга бўлинади. Олий нав ОЦ-1, ОЦ-2 (ОЦ-оқ цемент). Турли нав цементнинг оқлик даражаси камида куйидаги талабларга мос бўлиши керак. 1-нав-76%, 2 нав-72% оддий портландцемент 40% гача.

Оқлик даражаси фотометр ёрдамида аниқланади. Стандартга кўра қайтариш коэффиценти 96,3% дан кам бўлмаган барий сульфат (BaSO_4) оқлик эталони ҳисобланади. Клинкердан кўп миқдорда уч кальцийли силикат бўлса, оқ портландцементдан тайёрланган буюмларнинг сиртида оқ доғлар ёки шўра ҳосил бўлиши мумкин. C_3S нинг гидролизи вақтида оҳак ажралиб чиқиши сабабли бу хол юз беради. Бунга йўл қўймаслик учун оқ портландцемент, албатта, оҳакни кам эрийдиган кальций гидросиликатга айлантириш учун 5...10% жуда актив гидравлик қўшимча қўшилади.

Клинкер таркибида кўп миқдорда C_3S ва C_3A бўлгани учун оқ цемент тез мустаҳкамлана боради, ҳамда кўпроқ киришиш хоссасига эга бўлади. Бу цемент 400 ва 500 маркаларда ишлаб чиқарилади.

Оқ портландцемент клинкерига гипс, диатомит (мрамор ёки бўр) ва минерал пигментлар (сувда ва органик эритмаларда эримайдиган майда туйилган рангли кукунлар пигментлар деб аталади) бирга қўшиб тортиш йўли билан рангли цементлар олинади. Жумладан, қўшилмалар сифатида оҳра (сарик ёки қизил тусли минерал буёк), темир, сурик (қизил ёки қизғиш-жигар

ранг берувчи минерал), марганец рудаси (жигар ранг), ултрамарин (ҳаво ранг) ва шу кабилар кўшиш мумкин. Оқ ва рангли цементлар сунъий мармар тайёрлашда ҳам ишлатилади.

Рангли цементлар яна куйидаги йўл билан ҳам олинади. Бўёвчи оксидлар (хром, марганец, кобальт, никель, мис оксидлар) хом ашё аралашмасига аралаштириб яшил, ҳаво ранг, қора, жигар ранг, сариқ ва бошқа турдаги рангдор клинкерлар олинади. Минерал структурасига турли оксидларнинг бирикиши туфайли олинган рангли клинкер тортилиб ялтироқ, текис ва турғун рангга эга бўлган цемент олинади.

Пардозлаш материаллари ўзларининг табиати ва техникавий хоссаларига кўра конструктив бетонга яқин турса ҳам йиғма ўй-жой қурилишларидаги пардозлаш ишларини механизациялашга қулай имкон яратади. Улар бир хил типдаги технологик жараёнлар ва асбоб-ускуналарни ишлатиш ҳамда ўзоқ муддатга чидамли рангли конструкциялар олиш имконини беради. Шу жихатдан оқ ва рангли портландцементларни энг юқори унумли пардозлаш материалларидан бири деб ҳисоблаш мумкин. Чунки бу оддий портландцементнинг кўринишларидан бири бўлиб, оқ ва турли ранглари ўзида мужассамлаштирган ва юқори даражадаги мустаҳкамликка эга бўлган цементдир.

10-боб. Махсус цементлар

24- §. Тампонаж цементлар.

Ҳозирги кунда юзлаб ва минглаб нефть ҳамда газ қудуқлари қовланмокда. Кўпинча бу қудуқларнинг чуқурлиги бир неча минг метрга етади. Қудуқни ўраб олган айланасимон бўшлик деворларининг баъзи қисми сув қатлами ёки бўш ғовакли жинслар, ҳатто ғорлардан иборат бўлади. Бу эса нефть ва газ ишлаб чиқаришни қийинлаштиради. Чунки газ ва нефть шу ғовак ва ғор орқали катта масофаларга ёйилиб кетиши мумкин. Шунинг учун бу бўшлик, яъни қувур орқаси билан қуруқ ички деворлари ўртасида сув ва газ ўтказмайдиган масса билан тўлдирилади, яъни тампонланади (газ мустаҳкам беркитилган пўлат қувурлар ёрдамида осонликча чиқариб олинади). Шунинг учун ҳар бир газ нефть қудуқларини разведка ва эксплуатация ҳамда капитал ремонт қилишда портландцемент турларидан бири бўлган тампонаж цементлари ишлатилади.

Бу қудуқларни цементлашдан мақсад сувли ёки бошқа қатламлардан нефть ва газ маҳсулотларини ажратиб олишдир. Мураккаб бурғулаш жараёнида цементлаш ишлари жуда маъсулиятли вазифадир. Сифатли ўтказилган цементлаш ишлари кўпинча қудуқлар эксплуатациясини яхшилади.

Ҳисобланган чуқурликка туширилган ва тегишлича осиб қўйилган пўлат қувурлар колонкаси орқали цементлашдан олдин қудуқларни ювиш учун суюқ лой аталаси юборилади. Қудуқ ювиб бўлингандан сўнг колоннага усти шиша пластинка билан қопланган, марказида тешиги бўлган пастки тиқин туширилади. Тиқин қувур деворларига зич тақалган ҳолда жойлашади.

Сўнгра колоннага туширилган тиқин устига тезлик билан цементловчи агрегатлар ёрдамида олдиндан ҳисобланган ҳажмда цемент қоришмаси юборилади ва у ерга юқориги берк (тешиксиз) тиқин туширилади. Натижада пастки ва юқориги тиқинлар орасида қолган суюқ цемент қоришмаси пастга қараб ҳаракат қила бошлайди. Пастки тиқин обсадкали қувурларда олдиндан ўрнатилган тиралиш ҳалқасига бориб етганда бир оз босим ортади ва пастки тиқин шишаси эзилиб синади, ҳосил бўлган тешик орқали цемент қоришмаси забой ва қувур орқасидаги ҳалқасимон бўшлиққа ўтаётганда бурғулашдан қолган лой ўз навбатида синдирилиб сурилиб бўшлиққа ўтиб кетади.

Юқориги тиқин пастки тиқин устига келиб утирганда суюқ лой аталаси бериш тўхтатилади, буни қудуқ олдида ўрнатилган монометрдаги босимнинг кескин ортишидан билса бўлади. Қувур орқасидаги бўшлиққа ўтаётган цемент қоришмасининг кўтарилиши маълум тезлик (камида 1,5м/с) билан кетиши керак. Бунинг аҳамияти каттадир. Бу эса қудуқ деворларини лой пустлогидан яхшилаб тозалаш ва чидамлироқ цемент ҳалқасини ҳосил қилишни таъминлайди.

Цементлаш даврида цемент қоришмасининг ҳажми ва колоннага итариб юбориладиган суюқлик миқдори аниқ кузатилиб турилади. Цемент экзотермияси бу босимнинг ўсиши сабаб бўлади.

Цемент қоришмасининг қувур орқасидаги бўшлиқда қанчалик кўтарилгани аниқлангач, цемент бутунлай қотиб олиши учун қудуқ тахминан 18, баъзан 48 соат давомида тинч қолдирилади. Қудуқ деворлари ва обсадка қувурнинг ташқи диаметри ўртасидаги цемент қоришмаси билан тўлдирилган оралик тахминан 15...50 м га тенг. Цемент қоришмасининг белгиланган қотиш даври тугаши билан обсадка колоннасининг герметиклиги синалади. Бу ҳолда босимни ҳар 30 минутда 0,5 МПа гача камайтиришга руҳсат этилади. Бу ишлар тугагандан сўнг ва цемент зарур мустаҳкамликка эга бўлган махсулотларнинг нефть ва газ қатлами очилади. Тешик очиш забойдаги цементтошни яна бурғулаш ёки уриб тушуриш орқали амалга оширилади. Бу тешиқдан қудуқ ичига нефть ёки газ отилиб чиқа бошлайди.

Қувур деворлари ва унга ёндошган цементтош порохли ёки торпеда перфоратор ёрдамида тешилади. Перфорация натижасида цементтошда тешик ҳосил бўлади, бу тешик

орқали коллонага нефть (ёки газ) катламининг босимидан паст босимда, қудук даги суюқлик юзаси пасайгандан сўнг нефть (ёки газ) кира бошлайди.

Қудуқлардаги тампонаж цементларнинг махсус шароитлардаги хизмати нимадан иборатлигини кўриб ўтамиз. Қудуқни кўриш ва унинг ҳолатини аниқ текшириб туриш бутунлай мумкин эмас. Нефть ва газ қудуқларининг чуқурлиги ортиб бориши билан уларда температура ва босим ҳам орта бошлайди. Бу эса албатта цементтош жараёнига ва ҳосил бўладиган цементтошнинг сифатига таъсир кўрсатади. Сув, газ ва нефтлар сиқишининг ортиши ҳам қудуқлардаги босимни орттиришга ҳаракат қилади. Бу эса юқори температурада цемент қоришмасининг тишлашиш муддати ва цементтошнинг шаклланишига таъсир қилади.

Қудуқлардаги цементтошнинг қотиш шароити жуда мураккаб. Жинс қатламлари турли ғовак, ёрик ва кавакликка эга.

Синиш вақтидаги ювадиган суюқлик устини ҳосил қилган ортикча гидростатик босим қатлам жинсларида табиий ёриқларни кўпайтириши ва қудуқларни цементлайдиган лойни, сўнгра цемент қоришмасини йўқолиб кетишига сабаб бўлиши мумкин. Қатламларнинг гидравлик узилиши деб аталадиган ҳолатлари ҳам бўлиб, қатлам сувларининг юқоридан пастки сув бошқа горизонтларига оқиб ўтиши кузатилади. Кўпинча ғовакли қатлам жинсларининг сувни ютиб олиш хусусияти туфайли цемент қоришмасининг сувсизланиши содир бўлади.

Бир қанча конларнинг қатлам сувлари турли тузларнинг юқори концентрациясига эга. Мисол учун Ўзбекистон, Туркменистон ва Волга бўйи районлари конларининг қатлам сувларида хлоркальцийли, хлормагнийли, сульфатнатрийли шунингдек, сульфатли тузлар учрайди. Бу тузлар айниқса юқори босим ва температура шароитда сезиларли даражада цементтошни емириши мумкин. Бунинг устига цемент ҳалқасининг сув ўтказувчанлигини ҳам назарга олиш керак. Газ қудуқларининг ишлаш шароитлари яна ҳам мураккаб, чунки цементлаш ишлари тугагандан сўнг қатламдан қудуқ ичига қараб газ диффузияланиши, яъни газнинг отилиб чиқиши ва фонтанланиши мумкин. Қувур орқасидаги бўшлиқка итарилиб сўрилиб кираётган цемент қоришмасига лой аталаси аралашса бу ҳол цементтошнинг қотишига салбий таъсир кўрсатади.

Қудуқдаги цементтош мустаҳкамлигига перфорация жараёни салбий таъсир кўрсатиб, унинг мустаҳкамлигини кўп факторларига ва айниқса, перфорация турига (ўқли ва торпедали) боғлиқ ҳолда камайтиради. Портландцемент қоришмаси ёрдамида нефть қатламларини сувли қатламлардан ажратиб туриш учун осадка қувурларини мустаҳкамлаш бўйича биринчи тажрибалар 1907-1908 йилларда ўтказилган. Улар унчалик чуқур бўлмаган қудуқларда ижобий натижа бериб, у вақтдаги портландцемент нисбатан секин тишланиш муддати, паст

мустаҳкамлик ва дағал туйилиш каби хоссалари билан характерланар эди. Шунинг учун цементтош керакли мустаҳкамликни тўплаб олгунча кутиш зарур бўлган.

Шунинг учун цементнинг қотиш жараёнларини тезлатиш зарурати туғилади. Бунга эса цементни майдалаб туйиш ҳисобига эришилар эди, чунки керакли кимёвий ва минералогик таркиби цементни ҳосил қилиш учун зарур маълумот берувчи боғловчи материаллар кимёси тўғрисидаги фан ҳали унчалик ривожланмаган эди. Кўп йиллик илмий-тадқиқот ишлари ва нефть конларини эксплуатация қилишда тўпланган тажрибалар сифатли цемент олиш зарур бўлган энг муҳим талабларни аниқлашга имкон беради. Улар асосан қуйидагилардан иборат:

Қовур коллонасига цемент қоришмасини тезлик билан босим остида ҳайдаб киргишиш учун у етарли даражада оқувчан бўлиши лозим, сўнгра эса қувур орқасидаги бўшликка итарилиб ўтиши керак. Цементлаш ишлари кетаётган маълум вақтгача қоришма оқувчанлигини йўқотмай туриши лозим. Бунга сув цемент нисбати 0,4...0,5 га тенглашганда эришилади. Қудук температурасига қараб цементнинг тишлашиш муддатлари ўзгариб туради.

Тампонаж цементлари биринчи икки сутка давомида керакли қотиш мустаҳкамлигига эришиш керак. Қисқа вақт ичида цемент қоришмасининг эришган мустаҳкамлиги қудук стволдаги колоннани маҳкам бириктирилиб ва натижада қайта бурғулаш ҳамда перфорация даврида ва сингдирувчан жинслардан барқарор равишда ҳимоя қилинишни таъминлаш лозим. Санаб ўтилган барча талабларни қаноатлантириш учун цементтошнинг сиқилишга бўлган мустаҳкамлигини қанчага тенг бўлиши кераклиги мураккаб масаладир. Мустаҳкамлик қиймати 2...3 га тенг запас коэффициенти билан бирга камида 3,5 МПа бўлиши керак деб тахмин қилинди.

Цемент қоришмасининг қовушқоқлиги жуда муҳим кўрсаткич бўлиб, цементнинг оқувчанлигини характерлайди. Бу эса кўрсаткич цементдан яхши оқувчан қоришма олишни ва маълум чуқурликдаги тегишли температура ва босимда қоришмани қувурга юборишга ҳамда қувур орқасидаги бўшликка итариб киритишга имкон берадиган вақт ичида қўзғалувчан бўлиб туришини таъминлаш керак. Қудукқа цемент қоришмаси юборилгач, қисқа вақт ичида, у тегишли мустаҳкамликка эришиши ва шу қудукда уни узоқ вақт давомида сақлаб қолиш керак.

Цементтош агрессив қатлам сувларига нисбатан турғун булиши ва маҳсулдор нефть қатламларини қатлам сувларидан ҳамда кўп миқдоридаги турли тузлар, кўпинча эса олтингугурт водороди бор емирувчи суюқликларнинг обсадка колоннага сингиб киришидан сақлашни таъминловчи, яъни сув сингдирмайдиган бўлиши керак. Дастлабки қотиш даврида цементтош етарлича пластик бўлиши керак. Чунки қудукларни перфорация қилаётганда унда ёриқлар ҳосил бўлмаслиги ва шу билан бирга, юқори температура ва босим шароитида узоқ вақтга чидаши лозим.

Цемент қоришмасининг сув берувчанлигини албатта эътиборда тутиш керак. Чунки цемент қоришмасидан қудукда учрайдиган шимувчан (сингдирувчан) жинс қатламлари сувни шимиб олиш хавфи бор. Бу эса сув-цемент нисбатини сезиларли даражада пасайтириб юборади, цементнинг қовушоқлиги ва тишлашиш муддатларига таъсир кўрсатади. Бундан ташқари айниқса, газ қудукларида цементтошнинг газ ўтказувчанлиги муҳим аҳамиятга эга.

Цементнинг турли шароитларда ишлатилиши унга қўйиладиган талабларнинг ҳаммасига, тўла жавоб бера олмайди. Цемент саноати асосан икки хил тампонаж цементи ишлаб чиқаради. Унинг бир тури «совук» қудукларга, иккинчи тури эса «иссиқ» қудуклар учун мўлжалланган. Булардан ташқари, бошқа махсус тампонаж цементлар ишлаб чиқариш усуллари ҳам ўзлаштирилмоқда.

«Совук» ва «иссиқ» қудуклар учун мўлжалланган цементларга қўйиладиган талаблар жуда жиддий. Тампонаж цементлар ишлаб чиқариш бир мунча қийинчиликлар билан ҳам боғлиқ. «Совук» қудуклар учун мўлжалланган тампонаж цементларда C_3S ва C_3A минералларининг йиғиндиси 60% га тенг, у портландцементни ўта майда туйиш (солиштира сирти 300-350 м²/кг га тенглангунча) орқали олинади. Ундаги гипс миқдори 3%, «иссиқ» қудуклар учун мўлжалланган тампонаж цементнинг тишлашиш муддатини секинлатиш учун унга кам алюминатли портландцемент қўшилади. Бундай цемент тахминан 75⁰С температура иссиқликда ишлатилади.

Турли мураккаб шароитлардаги нефть ва газ қудукларини бургалашда бу стандарт цементлар доим сифатли цементлаш ишларини олиб боришга имкон беравермайди. Бундай шароитдаги қудукларни цементлаш учун ювувчи лой аталасининг солиштира оғирлигидан цемент қоришмасининг солиштира оғирлигини ортиқроқ бўлишини таъминлаш керак. Бошқа шароитларда эса аксинча, цемент қоришмасини жуда кам катта баландликка кўтариш учун унинг солиштира оғирлиги кам бўлиши лозим. Юқорида айтиб ўтилганидек, тампонаж ишлари олиб борилаётган қудукларнинг чуқурлигига қараб, унинг температураси ўзгариб боради: «совук» қудук деб аталувчи қудукларда температура 40⁰С дан ошмайди. Чуқур қудукларда (2500м) тампонаж ишларини юқори температура (90⁰С гача) ва жуда ҳам чуқур (4500 м ортик) қудукларда 100⁰С дан ортик температурада олиб бориш керак. Бундай температурада олиб борилаётган тампонаж ишларида турли цементларни ишлатишга тўғри келади.

Ёриқ жинслардан ўтувчи қудуклар учун толали (асбест қўшимчали) деворларидан газ чиқадиган қудуклар учун кенгаювчи, чуқурлиги 5...7км бўлган иссиқ қудуклар учун (бу ерда температура 200...300⁰С га, босим бир неча ўн МПа га етади) тишлашиш муддатлари секинлаштирилган оғир ва енгил тампонаж цементлар ишлатилади.

Кудукларда температуранинг яна ҳам кўтарилиши натижасида цемент таркибидаги минераллар сув билан реакцияга тез киришади ва унинг тишлашиш муддати қисқаради ҳамда цементнинг мустаҳкамлиги ортади.

Шундай махсус шароитларда цементларни ишлатиш учун махсус цементлар ишлаб чиқарилган, уларнинг эффективлиги тажрибада синалган, аммо улар махсус буюртма асосида кам миқдорда ишлаб чиқарилади.

Ҳозирги кунда турли чуқурликда бўлган газ ва нефть кудуклари учун йилига бирнеча 100 минг тонна тампонаж цементлари Қувасой цемент комбинатида ишлаб чиқарилмоқда.

Ўзбекистон Фанлар Академиясининг академиги К.С. Ахмедов ва техника фанлар доктори У.Д. Мамажанов раҳбарлигида оддий тампонаж цементларни уларга турли тузлар ва уларнинг аралашмаси ҳамда юқори молекуляр полимерлар қўшиб жуда чуқур бўлган Ўрта Осиё газ кудукларида ишлатиш мумкинлигини асослаб бердилар. Натижада цементлар хоссаси маълум даражада ўзгаради.

Махсус тампонаж цементлар турларини ҳар хил саноат чиқиндилари асосида кўпайтириш, уларнинг қотиш назариясини ривожлантириш каби илмий ишлар республикамиз мустақил бўлгандан кейин кун сайин ривожланмоқда.

25- §. Пуццолан портландцементлар.

Актив минерал моддалар майда қилиб туйилган тоғ жинслари ёки саноат чиқиндиларидан иборат бўлиб, улар таркибида $\text{Ca}(\text{OH})_2$ бўлган моддалар билан бирга қўшиб аралаштирилса сувда қотадиган бўлиб қолади. Бу қўшимчалар асосан актив шаклдаги яъни оддий шароитда оҳак билан ўзаро таъсир этишадиган қумтупроқ ва гилтупроқлардан таркиб топган, уларнинг ўзаро таъсир этишуви натижасида гидросиликатлар ва гидроалюминатлар, яъни сувга чидамли боғловчи моддалар ҳосил бўлади.

Цементга қўшилган табиий гидравлик моддалар таркибига вулқон куллари, туфлар, трасслар, пемза, диатомитлар, трепел ва опокалар киради; суъний қўшимчалар сифатида эса ёқилғи кули ва ёқилғи шлаки, домна печларидан чиққан донадор шлак, куйдирилган гиль ва шу кабилар ишлатилади.

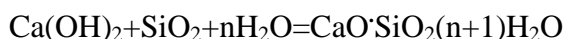
Кальций гидрат оксид $\text{Ca}(\text{OH})_2$ портландцемент қотаётган вақтда ажралиб чиқади. Портландцемент гидравлик қўшимчалар аралаштирилганда эса қўшимчанинг турига қараб, пуццолан портландцемент ёки шлакли портландцемент ҳосил бўлади.

Портландцемент клинкерини табиий актив минерал моддалар билан бирга майдалаб туйиб ҳосил бўлган гидравлик боғловчи моддалар *пуццолан портландцемент* деб аталади.

Цементнинг хоссалари ва цементнинг сифатига кўйиладиган талабларга қараб қўшимчанинг миқдори белгиланади ва у одатда, 20...40% атрофида бўлади.

Шлакли портландцемент ишлаб чиқаришда цементга қўшиладиган актив минерал модда сифатида домна печларидан чиққан донадор шлак ишлатилади: цементга шлак 30...60% (одатда 40...50%) атрофида қўшилади.

Пуццолан портландцемент ва шлакли портландцемент қотган вақтда актив минерал моддалардаги қумтупроқ клинкердан ажралиб чиққан оҳак билан кимёвий реакцияга киришади, натижада кальций гидросиликатнинг қийин эрийдиган бирикмаси ҳосил бўлади:



Демак, актив минерал модда қўшилган портландцемент қотгандан сўнг унда эркин кальций гидрат оксид (оҳак) миқдори жуда камайиб кетади, шу туфайли портландцементнинг чучук ва минераллашган сувларга турғунлиги ортади.

Бу цементларнинг майдалиги ва тишлашиш муддати портландцементникидан фарқ қилмайди, лекин уларнинг қотиш тезлиги портландцементли бетондан кам. Дастлабки кунларда бу цементларнинг қотиши секинлик билан боришига қарамасдан 28 кун ичида бетоннинг мустаҳкамлиги портландцемент мустаҳкамлигига етади.

Буюмларга иссиқ буғ билан таъсир этилганда бу цементлар бетоннинг тез қотишини таъминлайди.

Пуццолан цемент билан шлакли портландцементнинг маркалари портландцементнинг маркасига ўхшаш: 300, 400 ва 500.

Бу тур портландцементлар оддий портландцементга нисбатан камроқ иссиқлик чиқаради, чунки уларнинг таркибида гидратланиш вақтида иссиқлик чиқарадиган клинкер оз миқдорда бўлади. Бу портландцементлар кам иссиқлик чиқаргани учун уларни массив бетон конструкцияларга бетоннинг ёрилишидан хавфсирамай, бемалол ишлатиш мумкин.

Пуццолан билан шлакли портландцемент таркибида эркин оҳак бўлмаганлиги сабабли уларнинг чучук сув таъсирига чидамлилиги юқори. Бундан ташқари, цементга қўшилган минерал моддалардаги қумтупроқ уч кальцийли алюминат билан реакцияга киришиб, уни икки кальцийли алюминатга айлантиради. $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ нинг миқдори камайтирилса, пуццолан портландцементнинг сульфатли сув таъсирига турғунлиги ортади, чунки бунда, «цемент бациллалари» нинг ҳосил бўлиш эҳтимоли камаяди. Пуццолан портландцементларнинг коррозияси ҳақида юқорида гапириб ўтилган. Шунинг учун бу ҳақда батафсил тўхтамаймиз. Аммо бундай цементларнинг маҳаллий шароитга қараб бошқа турлари ҳам ишлаб чиқарилган. Буларга *глиеж* ва *глинит портландцементлар* мисол бўлади.

Маълумки, сизот сувларга чидамли цемент олиш учун махсус сульфатга чидамли портландцемент ёки оддий портландцемент таркибига актив минерал қўшилма қўшиш керак эди. Биринчиси Ўрта Осиё шароитида осон ҳал қилинса, иккинчисини амалга ошириш анча қийин. Чунки Ўрта Осиёда табиий чўкма ва вулқонлар натижасида ҳосил бўлган минерал қўшилмалар йук. Ўрта Осиё шароитида пахтачиликнинг тезлик билан ривожланиши ва бу билан боғлиқ бўлган гидротехник иншоотларни қуриш ишларининг кенгайиши чучук ва тузли сизот сувларга чидамли цементларни маҳаллий хом ашёлардан яратиш масаласини илгари сурди.

Портландцемент ўзининг юқори боғловчилик-хусусиятларига қарамасдан тузли сизот сувларга чидамсиздир. Чунки қотиб қолган портландцементтошда сингиб кирган сульфатли сувлар ҳосил қилган. бацилла (кальций гидросульфоалюминат) дарзлар ва ёриқлар пайдо қилади ва уни емира бошлайди. Кам цементли қоришмаларда эса гипс кристаллари кўпроқ (бациллага нисбатан) ҳосил бўлади. Натижада ҳосил бўлган катта ҳажмли кристалл бирикмалар цементтошда ички кенгаювчи кучланишлар вужудга келтириб иншоотни бузиб юборади. Демак, цементтошнинг кенгайиши, бацилла ёки гипс кристаллари ҳисобига бўлар экан. Одатда, бу бирикмалар бетоннинг емирилишига сабабчи бўлади. Шунинг учун цемент ишлаб чиқаришда Ўрта Осиёнинг шўр ер ости ва сизот сувларига, шўр тупроқларига чидамли цемент яратишга катта аҳамият бериш муҳимдир. Бу сувлар таркиби одатда натрий, кальций ва магний сульфат ҳамда хлорли тузлардан иборат.

Ўзбек олимларининг изланишлари натижасида бундай сувларга чидамли пуццолан цементлар ишлаб чиқариш ўзил-кесил ҳал қилинган. Бу цементларни тайёрлаш жараёнида одатдаги портландцемент клинкерига трасс, трепел ва шунга ўхшаш бошқа табиий пуццолан қўшилмалар қўшиш керак эди, аммо мамлакатимизнинг ҳамма жойида бу қўшилмалар бир текис тарқалмаганлиги учун ҳамма ерда топиладиган ва умумий бўла оладиган қўшилма топиш устида изланишлар қизиқ кетди.

Сунъий пуццоланли қўшилмалар бирмунча кенг тарқалган бўлиб, буларга каолинли ва бошқа гилсимон тупроқлар киради. Сунъий пуццоланли қўшилмаларнинг хоссалари яхши ўрганилмаган.

Гилтупроқ-портландцемент ишлаб чиқаришда унинг таркибий қисми бўлгани учун у ҳамма цемент заводларида бор. Шунинг учун куйдирилган тупроқдан пуццолан қўшилма сифатида фойдаланиш мумкин бўлган. Ўзбекистонда каолин тупроғининг катта запаси бор. «ВНИИЦемент»да (Россия) олиб борилган тадқиқотлар натижасида куйдирилган каолинли тупроқдан тайёрланган пуццолан цементлар тузли (шўр) сувларга чидамсиз эканлигини аниқланди. Бу кутилмаган хол эди.

1937 йилда собиқ СССР Фанлар Академиясининг бетонлар коррозияси бўйича бутуниттифоқ йиғилишида «Минерал сувли ерларга мўлжалланган иншоотлар учун тайёрланадиган портландцементлар (глинитдан ташқари) яхши ўрганилган, улар синалган гидравлик қўшилмалар асосида тайёрланиши лозим» деган қарор қабул қилинди.

Ўрта Осиёга пуццолан цементлари жуда зарур, чунки бир қатор районларнинг ер ости сувлари жуда ҳам минералланган бўлиб, кўпчилик районларда портландцементдан гидротехник иншоотлар ва саноат корхоналарини қуриш ман этилган. Пуццолан цементлар ишлаб чиқаришда куйдирилган каолинитли тупроқ фақат биргина реал маҳаллий қўшилма ҳисобланар эди.

Бу масаланинг муҳимлигини назарда тутган ҳолда Ўзбекистонда профессор И.С. Канцпольский табиий куйдирилган каолинитли тупроқ ва портландцемент асосида чучук ва шўр сувларга чидамли цемент олиш устида узоқ вақт (1931 йилдан бошлаб) илмий ишлар олиб борди. Шундай қилиб бу мақсадлар учун фойдаланиладиган табиий куйган тупроқ-глиежлардан пуццолан қўшилмаси олиш мумкинлиги дунёда биринчи бўлиб исботланди. Ўрта Осиёда кўмир конларининг ёниши натижасида ҳосил бўлган бу тупроқларнинг жуда катта конлари бор. Бу тупроққа геолог Цибишев томонидан қисқача глиеж (глина естественно жженная) номи берилди.

Глиеж портландцемент-портландцемент клинкери ва глиежни майда туйиш билан ҳосил қилинади. Глиеж портландцементда гидравлик қўшилма (глиеж) миқдори тайёр маҳсулот массасининг камида 30% ини ташкил этиши лозим. Тишлашиш муддатларини керагича ўзгартириб туриш учун цементни туйиш жараёнида кўпи билан 3% гача гипс қўшиш керак.

Глиеж таркиби асосан кремний оксид ва оз миқдорда алюминий оксид (шунингдек, бошқа оксидлар) дан иборат. Кремний ва алюминий оксиднинг бир қисми аморф ҳолда бўлиб, оҳакка нисбатан жуда учдир. Глиеж оҳак билан ўзаро таъсир этганда кальций гидросиликатлар ҳосил бўлади. Улар сувда эрувчан оҳакни сувда амалда эримайдиган гидросиликатларга айлантиради. Натижада аралашма қотаётганда эркин оҳак ажратиб чиқадиган боғловчи модда портландцементни сувга чидамли қилиб қўяди.

Бундай қўшилмаларни ишлатиш катта иқтисодий фойда ҳам беради. Портландцементнинг таннархи унинг энг муҳим ва қимматли ташкил этувчиси клинкер ўрнига қисман арзон табиий глиежлар ишлатиш ҳисобига арзонлашади.

Глиеж унчалик мустаҳкам бўлмаган, осон майдаланиб кетадиган, ғовак материалдир. Бу эса заррачаларнинг сирти катта эканлигини кўрсатади. Қисман шу сабабли қўшилмалар юқори реакцияга киришиш қобилятига эга. Глиежларнинг активлиги заррачалар ўлчамига, куйиш температурасига боғлиқ бўлиб, заррачалар йириклашган ва температура ортган сари уларнинг

активлиги ҳам пасайиб боради. Мустаҳкамлик эса куйдириш температураси кўтарилиши билан ортади.

Қўшилмаларнинг анча ғоваклилиги, сирт-юзасининг юқори активлиги ва гидрофиллиги уларнинг сувга таъсирини ҳам белгилаб беради. Улар, сувга тегиши билан унга (сувга) туйиниб қолади. Қўшилмалар табиий қиш шароитларида кўпинча анча нам бўлади. Шу сабабли пуццолан цементларни боғловчилар билан бирга туйишдан олдин бир марта қуритиб олиш зарур.

Нам қўшилмалар аралашган цемент узоқ, сақланганда цементларнинг активлиги кескин сусайиб кетади. Адсорбция йўли билан қўшилманинг ҳаводан ютган нами боғловчи модда билан ўзаро кимёвий таъсир этишади, бу эса унинг барвақт гидротацияланишига олиб келади ва шу билан цемент активлиги сусаяди. Қўшилмаларнинг ана шу хоссасини назарга олиб, пуццолан цементларни сақлаш учун уларга тегишли шароитлар яратилади.

Клинкер, турига қараб (глиежлардан) икки хил пуццолан портландцемент ишлаб чиқарилади: оддий портландцемент клинкеридаи фойдаланиб ишлаб чиқариладиган глиеж портландцемент; сульфатли сувларга чидамли портландцемент клинкери асосида ишлаб чиқариладиган сульфатга чидамли глиеж портландцемент.

Глиеж портландцементларнинг иккиси ҳам бир хил технология бўйича ишлаб чиқарилади, улар билан бирга ишлатиладиган қўшилмаларга бўлган талаб ҳам бир хил. Глиеж портландцемент қуйидаги технологик схема бўйича ишлаб чиқарилади.

Юқорида айтилганидек, гидравлик қўшилма (глиеж)нинг ғоваклилиги юқори ва одатда қиш фаслларида нам бўлгани учун намлигини кўпи билан 2% гача қуритиш керак. Қуритиш учун қуритгич барабанлар ишлатилади. Барабанларга глиеж 10...15 мм гача ўлчамда майдаланган ҳолда солинади.

Шундай қилиб, учала компонент: клинкер, глиеж ва гипс белгиланган нисбатга қатъий риоя қилинган ҳолда шар тегирмонга бир вақтда солиб турилади. Туйиш учун икки камерали қувур тегирмонлар ишлатилади.

Глиеж портландцемент ишлаб чиқариш технологияси ҳам ашё ва ишлаб чиқариш жараёнини ташкил этишга кўра оддий портландцемент тайёрлаш технологиясига ўхшаш. Фақат клинкерни туйиш пайтида цементга қўшимча компонент глиеж солиниши билан фарқланади. Цементга қанча қўшимча солинаётгани аниқ текшириб борилади. Заводларда бу мақсадда автоматик масса дозалогичлар ишлатилади.

Глиежнинг таъсири клинкер минераллари гидратацияланаётганда ажралиб чиқадиган оҳакнинг ютилишига асосланган; шунинг учун неча процент глиеж қўшиш кераклиги бевосита гидратация вақтида $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ажратиб чиқарадиган клинкер минерали миклорига боғлиқ.

Маълумки, уч кальцийли силикат шундай минерал ҳисобланади ва демак, клинкерда уч кальцийли силикат миқдори қанчалик кўп бўлса, дастлабки қотиш даврида цемент мустаҳкамлигига зарар қилмаган ҳолда шунчалик кўп глиеж қўшиш мумкин. Лаборатория синовларига кўра, тахминан ҳар 1% уч кальцийли силикатга 0,5...0,75 % гидравлик қўшилма солиш мумкин. Шунга асосан, пуццолан портландцемент тайёрлаш учун уч кальцийли силикатга бой алитли клинкерлар ишлатиш мақсадга мувофиқ деган хулосага келишиш мумкин. Аммо қўшилманинг йўл қўйилиши мумкин бўлган миқдорини ҳамма вақт клинкер минералогик таркибига қараб белгилаб бўлмайди. Чунки қўшилмаларнинг активлиги ҳар хил бўлади. Масалан, 1г трепел ёки диатомит 150 мг гача СаО ютади, пемза ёки глиеж эса 50 мг СаО ютади. Оҳакни тўлиқ бириктириш учун активлиги паст қўшилмага нисбатан актив қўшилмадан кам талаб қилади. Амалий маълумотларга кўра активлиги 200 бўлган кремний оксидли чиқинди қўшилмасининг оптимал миқдори цемент массасидан 20...25%, активлиги 150 бўлган трепел, опока, диатомит ва бошқаларники эса 25...30% ва активлиги 50...60 қўшилмаларники 40...50% бўлади.

Иқтисодий жihatдан эса қўшилма имкони борича кўп қўшилгани маъкул. Бироқ бу цемент мустаҳкамлигининг ўсиш тезлигига ва унинг сўнгги пишиқлик қийматига таъсир кўрсатади, чунки қўшилма миқдори ортиши билан цемент клинкери қисмининг қотиш шароитлари ёмонлашади (клинкер заррачалари бир-биридан анча ажралиб қолади).

Глиеж портландцемент чучук сув ва таркибида сульфат тузлари бўлган шўр сувларга чидамли. Оптимал миқдордаги (30% атрофида) глиежни портландцемент таркибига уни туйишдан олдин қўшилганда унинг мустаҳкамлиги камайиб, балки унинг зичлиги ортади. Глиеж оддий портландцемент зичлигини ортиради. Глиеж оддий портландцементнинг зичлигини ошириш ва «цемент бацилласи» нинг зарарли таъсирини камайитириш оркали чучук ва сульфатли шўр сувларга турғунлигини, ҳаво ва атмосфера таъсирига чидамлигини оширади. Бироқ бу билан портландцемент клинкери ва глиеж асосида сульфат тузли сувларга чидамли цемент ишлаб чиқариш масаласи бутунлай ҳал қилинган эмас эди. Цементни сульфат тузли сувларга чидамли қилишга эришиш учун портландцемент клинкерига 70% гача глиеж қўшиш керак. Бу цемент дастлабки қотиш тезлиги бўйича жуда суст бўлиб, кам мустаҳкамликка эга ва совуққа чидамсиз. Кўп йиллар давомида олиб борилган изланишлар натижасида портландцемент клинкерининг минералогик таркибини ўзгартириш йўли билан цементнинг сульфатли сувларига чидамлиги оширилди. Глиежли ўзгартирилган минералогик таркибли, яъни кам алюминатли портландцементга қўшиш йўли билан сульфатли сувларга чидамли глиеж портландцемент олинди. Бу ерда шуни ҳам таъкидлаб ўтиш зарурки, Ўрта Осиё республикаларининг кўпчилики худудлари жуда кучли шўрланган. Ер усти ва ости сувлари шу

даражада сер тузлики оддий портландцементлар бунга чидаш бера олмайди. Шундай шароитларга чидамли янги цемент сифатида hozirги кунда Ўрта Осиё республикаларида глиеж портландцемент ҳисобланмоқда.

Ўзбекистонда, Қувасой цемент комбинатида биринчи марта 1940 йилдан бошлаб 30% кўшилмали, 1948 йилдан эса Бекобод ва бошқа цемент комбинатларида сульфатли сувларга чидамли глиеж портландцемент ишлаб чиқарила бошлади. Ҳозирги кунда бу цементнинг ишлаб чиқарилиши натижасида кўп миқдорда цемент тежалди, ва халқ хўжалигига беҳисоб фойда келтирилди. Бу цемент ер ости ҳамда ўлкан сув иншоотларини қуришда кенг ишлатилади ва ишлатилмоқда.

Ангрен ва Қизил Қия глиеж конлари сўнгги йилларда ўлкан хом ашё базаларига айланган. Кўп йиллар давомида глиеж портландцементнинг ҳоссасини ўрганиш шуни кўрсатадики, унинг ишлаб чиқарилиши ва қурилишда ишлатилиши глиежнинг цементга кўшиладиган қимматбаҳо ва ишончли кўшилма эканлигини исботлади. Натижада Россиянинг марказий районларидан Ўзбекистонга келтирилиши керак бўлган уч юз минг тоннадан ортиқ сульфатли сувларга чидамли портландцемент hozir республикамизнинг ўзида ишлаб чиқарилмоқда ва бундай цементга бўлган талаб hozirда тўда қондирилмоқда.

Ҳаво ва совуқ, иқлим таъсирига чидамли бўлган глиеж портландцемент Ўрта Осиё республикаларида ер усти қурилишларида кенг ишлатилмоқда. Қирқинчи йилларда Ўзбекистон цемент заводларида асосан глиеж портландцемент ишлаб чиқарилар эди. Гидротехника, саноат ва уй-жой қурилишларида асосан глиеж портландцемент ишлатилган эди.

Сўнгги йилларда Ўзбекистон цемент саноати глиеж ҳисобига ҳар йили кўшимча ярим миллион тонна атрофида сифатли цемент чиқармоқда. Бу эса цемент таннархини анча камайтирди.

Сув иншоотлари учун ишлатиладиган паст экзотермик цемент ишлаб чиқариш масаласи глиеж портландцементнинг олиниши билан тезда ҳал қилинди. Илмий изланишлар бу цемент йирик сув иншоотлари қуришда ишлатиладиган паст экзотермик цементнинг ўрнини босиши мумкинлигини кўрсатади.

1968 йилнинг бошида Тухтагул ГЭС иншоатини қўриш учун махсус цемент танлаш керак эди. Баландлиги 215 метрли бу иншоат массив-гравитациялидир. Бу иншоат учун 3,6 миллион куб бетон ишлатиш керак эди. Аввал қурилишда марказий районлардан (яъни Россиядан) келтирилган цемент ишлатишга қарор қилинган эди. Чунки бу қурилишга ишлатиладиган инерт тўлдиргич реакцияга кришадиган кремний оксидига бой, глиеж эса 4% гача ишқорий моддаларга эга. Кремний оксид ва ишқорий моддаларнинг ўзаро бирикишидан ҳосил бўлган комплекс бирикмалар ҳажми олдинги икки модда ҳажмлари йиғиндисига

нисбатан бир неча марта катта бўлиб, бетонда ички кучланишлар пайдо қилиши, уни ёриб юбориш мумкин деб фараз қилинди. Шуларни назарда тутиб мутахассислар глиеж портландцементни бу иншоат учун ишлатиш хавфли деб қараб, бу мақсадда махсус цемент ишлатиш кераклигини таъкидладилар. И.С. Канцепольский ташаббуси билан глиеж портландцемент узок вақтга чидаши, сульфатли сувларга турғунлиги ва глиеж таркибидаги ишқорларнинг инертлиги, яъни сув ҳамда оҳақда эримаслиги каби яхши хоссага эгаллиги туфайли бу қурилишда глиеж портландцементи ишлатилди. Сўнгра глиеж портландцементи учун техникавий шартлар ишлаб чиқилди. Шундан сўнг Тўхтагул ГЭС қурилишига 1969 йилдан бошлаб Қувасой цемент заводи цемент етказиб берди. Тухтагул сув омбори учун бир миллион тонна атрофида цемент керак эди. Бунинг учун Қувасой заводи фақат шу қурилиш учун 1,5 йил ишлаши керак. Махсус цементни Россиядан келтирилмасдан, Қувасой заводидан олиб боришнинг ўзи тахминий хисобларга кўра, бирнеча 10 млн. сўмга (1989 йилгача) маблағ тежалди.

Шундай қилиб И.С.Канцепольский ўз ходимлари билан ҳамкорликда маҳаллий глиежлардан портландцемент учун актив минерал қўшилма сифатида фойдаланишни таклиф этиш муҳим иқтисодий аҳамиятга эга бўлди. Бу ишлар асосида Ўзбекистон цемент заводлари ирригация ва гидротехника иншоотларининг қурилиши учун жуда зарур бўлган чучук сув ва сульфатли сувларга чидамли цемент минг тонналаб ишлаб чиқара бошланди.

Цементларнинг кимёвий чидамлилигини ошириш масаласи бўйича олиб борилган ишлар ҳам яхши натижа берди.

И.С. Канцепольскийнинг ишлари назарий жихатдан катта аҳамиятга эга. Сульфатли шароитларда цементларнинг коррозияланиш жараёнини ўрганиш натижасида илгариги фикрларга тузатиш киритилди.

Глиеж портландцементнинг дастлабки қотиш давридаги мустаҳкамлиги оддий портландцементникидан анча суст. Бу ҳолни цементга гидротермал ишлов бериш йўли билан тезлаштириш мумкин. Боғловчи моддалар қотишини тезлатишда автоклав ишлови бериш яхши натижа беради. Энг яхши қўшимча майдалаб туйилган қум ҳисобланади. Талаб қилинган маркага эга бўлган маҳсулот 0,8 МПа босим остида ва 8...10 соат давомида олинадн.

Ўзбекистон заводлари ишлаб чиқараётган 30...50% глиеж қўшилмали цементларни 0,2 МПа босимда 4...6 соат давомида автоклавларда ишлаш натижасида катта амалий аҳамиятга эга бўлган қум-цемент маҳсулотларнинг мустаҳкамлигидан қолишмайдиган буюмлар олишга имкон берди.

Глиеж портландцементдан тайёрланган маҳсулотлар физик-механик хоссалари бўйича нормал шароитда қотган портландцементнинг 28 кундаги мустаҳкамлигига тенг. Бу маҳсулот очик ҳаво, совуқ ва сульфат сувлар таъсирига чидамли.

Сўнгги йилларда Ўзбекистон цемент саноати йилига глиежлар қўшиш ҳисобига, қўшимча равишда 500 минг тоннача цемент ишлаб чиқармоқда.

Портландцемент ишлаб чиқаришда фосфотошқоллар илгари ишлатилмас эди. Биринчи марта Чимкент фосфорли ўғитлар заводининг тошқолларини 1966 йилдан бошлаб цемент чиқаришда 688-66 номерли вақтинча техник шартларга биноан ишлатила бошлади.

Фосфотошқолларнинг портландцемент қотишига таъсири қўшилма миқдори ва клинкернинг минералогик таркибига кўра ўрганилди. Физик-механик синовларга кўра нормал солиштирма сиртли цементга фосфотошқоллар қўшиш цементнинг сувга талабчанлигига таъсир кўрсатмайди, бироқ унинг тишлашиш муддатини секинлаштиради. Цементнинг солиштирма сиртини 340-380 м²/кг гача ошириш унинг тишлашиш муддатини бирмунча тезлаштиради. Фосфотошқолларни цементга қўшиш, унинг тишлашиш муддатини сусайтиришни фосфотошқоллар таркибида фосфор кислота тузларини борлиги билан тушунтирилади.

Ҳақиқатан, цементга 1% атрофида фосфор кислота қўшилса унинг мустаҳкамлиги кескин камайиб кетади ва унинг тишлашиш муддати жуда секинлашади. Фосфотошқол, цементга қўшилганда унинг мустаҳкамлиги дастлабки қотиш даврида (1...3 ой давомида) камайиб, асос цементи мустаҳкамлигининг ўсишидан кейинги муддатларда (6 ойдан 3 йилгача) ортиб боради. Цемент таркибидаги фосфотошқолнинг миқдорини 60% га етганда унинг мустаҳкамлиги анча камаяди, аммо таркибида 60% фосфотошқол бўлган цементнинг олти ойлик намуналари сиқилишига синалганда, асос портландцемент мустаҳкамлигидан ортиб кетади. Бу қонун турли минералогик таркибли цементларни синаганда ҳам намоён бўлади.

Фосфотошқолли цементларнинг солиштирма сирти кўпайтирилганда ва намуналарга гидротермал ишлов берилганда уларнинг мустаҳкамлиги ортади. Бундай цементларнинг ҳавода қотиши қурилиш нормалларининг талабларига тўла жавоб беради. Аммо тошқолларнинг миқдори ортганда унинг сувуққа чидамлиги камая бошлайди, фосфотошқолларни портландцементларга қўшиб цемент намуналарининг киришишини камайитириш ҳам мумкин.

Цементларга 50% гача фосфотошқоллар қўшиш цементнинг арматура билан тишлашишини камайтирмасдан, балки бир неча марта ортиради.

Фосфотошқолларнинг таркиби ўзида домна тошқолларидан кам миқдорда гилтупроқ борлиги билан фаркланиб, портландцементга қўшилган фосфотошқол миқдорига пропорционал миқдорда унинг сульфатли сувларига чидамлиги ҳам ортади. Синовлар фосфотошқолларнинг

миқдори портландцемент таркибида 10...60% гача бўлганда маъқул ҳисобланади. Одатдаги сульфатли сувларга чидамсиз портландцемент ҳам 15% фосфатошқол иштирокида сульфатли сувлар таъсирига бардош бера олади.

Бундай цементлардан ясалган бетон ва темир-бетон конструкцияларга сульфатли сув ва совуқнинг таъсирини ўрганиб чиқилган ва улар Ўзбекистон ва Туркменистон территорияларидаги ер ости сувлари жуда кучли минераллашган жойларда ишлатилмоқда.

Профессор И. Тошпўлатов раҳбарлигида янги цемент глинит портландцемент ихтиро қилинди.

Бу цемент Ўзбекистонда кенг тарқалган маҳаллий хом ашё каолинитли тупроқ (гилвата) ни 700-800⁰С да қиздириб, одатдаги портландцемент клинкерига қўшилади, сўнгра майдалаб туйиб тайёрланади.

Оқ рангдаги гипссимон жинслар каолин деб аталади. Бу жинслар асосан каолинит группасига кирадиган минераллардан таркиб топган.

Глинит портландцементнинг сульфатли сувларига чидамлик даражаси унинг таркибига қўшилган, қиздирилган каолинитли тупроқ миқдорига боғлиқ. Бошқача айтганда, глинит портландцементга қиздирилган каолинитли тупроқ кўп қўшилса, у мустаҳкам бўлади, аксинча кам қўшилса мустаҳкамлиги пасаяди.

Глинит портландцемент трепел, опока, диатомит ва бошқа тоғ жинслари қўшиб тайёрланадиган пуццолан портландцементларга нисбатан устун туради. Бу цементнинг энг яхши хоссаларидан бири шуки, у иссиқ қуруқ ҳавода ҳам, совуқ ҳавода ҳам бирдай мустаҳкам бўлади, музлаш натижасида емирилмайди. Бу цементни ишлаб чиқариш иқтисодий жиҳатдан самарали эмас деб ҳисоблайдилар, чунки каолин тупроғини куйдиришга кўп миқдорда ёқилги сарф бўлиши ҳисоблаб чиқарилади.

Шлакли портландцемент. Портландцемент клинкери билан донадор шлаги бирга туйилса, ҳосил бўлган боғловчи материал шлакли портландцемент деб аталади. Цементдаги шлак миқдори 30-60% (умумий оғирлик ҳисобидан) дан ошмаслиги керак. ГОСТ 10178-62 да кўрсатилишига, шлакнинг 16% гача миқдорини бошқа гидравлик қўшилма билан алмаштириш ҳам мумкин.

Шлакка қуйидаги техникавий шартлар қўйилади: домна шлаклари асосида кўпинча шлакли портландцемент, сульфатлашган, оҳакли шлакли цемент каби боғловчилар тайёрланади. Шлакли цемент ишлаб чиқаришда айниқса тез совугач домна шлаги катта аҳамиятга эгадир. Шлаклар нам ва ярим қуруқ усулларда яхшилаб туйилади.

Шлакли портландцемент пуццолан портландцемент турларига кирувчи, фақат актив минерал қўшилма ўрнида шлак ишлатилган боғловчи моддадир. Бу цементнинг кўпгина

хусусиятлари пуццолан портландцементникига ўхшаш. Агрессив муҳит таъсирига оддий портландцементга нисбатан чидамли.

Шлакли портландцемент қуйидаги маркаларда ишлаб чиқадилар: 200, 300, 400 ва 500.

Шлакли портландцементнинг ўзига хос хусусиятларидан бири унинг тишлашиш ва қотиш жараёнининг секинлигидир.

Тишлашишнинг бошланиши 45 минутдан сўнг бошланади, охири 12 соатгача давом этади. Майдалик даражаси портландцементникига тенг. Шлакли портландцемент бетон ва темир-бетон конструкциялар тайёрлашда, сунъий тошлар, қоришмалар тайёрлашда, сувоқчиликда кенг ишлатилади.

Сульфат-шлакли цементлар-35-70% гача донадор домна шлагги билан гипсни туйиш жараёнида портландцемент ёки оҳак қўшиб олинган боғловчи моддадир. Сульфат-шлакли цемент 150, 200, 250, 300, маркаларда чиқарилади.

Оҳак-шлакли цементлар донадор домна шлагги билан 25% оҳакни туйиб, сўнмаган аралашмага гипс қўшиб олинган боғловчидир.

Пуццолан ва шлакли портландцементлар турли бетон ва темир-бетон конструкциялар, йиғма деталь ва буюмлар тайёрлашда, портландцементни тежаш мақсадида, шунингдек, қурилиш қоришмалари ва бетонлар тайёрлаш учун ишлатилади. Бундай цементлардан тайёрланган бетонлар қуруқ шароитда ишлатилганда уларнинг қотиши секинлашади.

26- §. Сульфоминерал цементлар

Белит цемент. Янги шахарларнинг пайдо бўлиши, шахарларда йирик жамоат ҳамда маданий-маиший биноларнинг қўплаб қурилиши цемент саноатининг олдида оқ ва манзарали цементларни маҳаллий хом ашёдан тайёрлаш вазифасини қуйди.

Т. А. Рагозина бундай цементларни маҳаллий хом ашё таркибида темир оксид кам бўлган Исфара гипси, Охангарон каолинли тупроғи ва оҳактошдан уни $1200...1300^{\circ}\text{C}$ да қуйдириш йўли билан олиш мумкинлигини таклиф этди. Бу цемент манзарали қум тупроғли белит цемент деб аталди. Бу цемент етарли даражада қаттиқликка эга ва совуқ, сульфатли сувлар таъсирига чидамлидир.

Кўп йиллар давомида олиб борилган изланишлар натижасида Т.А. Рагозина тезкорлик ишларида қўлланилаётган, индустриал методлар талабига жавоб бера оладиган, тез қотадиган, юқори мустаҳкамликка эга бўлган оқ ва манзарали цементлар ҳам олиш методини ишлаб чиқди. Бундай цемент охангарон каолини, оҳактоши ва гипсидан $1200...1300^{\circ}\text{C}$ да қуйдириш йўли

билан олинди. Цементни куйдириш температураси одатдаги портланцементни куйдириш температурасига нисбатан $200...250^{\circ}\text{C}$ паст. Бу эса ўз навбатида пишириш хумдонларининг унумдорлигини оширади. Ёқилги сарфини тежайди ва ўтга чидамли материаллардан ясалган хумдонларнинг ишлаш муддатини кўпайтиради.

Юқорида санаб ўтилган цементлар ва одатдаги портландцементни куйдириш жараёнини тезлаштирувчи сифатида гипс ишлатиш мумкинлиги аниқланди. Шундай цементлар анортезитлардан (таркибада $22...30\% \text{Al}_2\text{O}_3$ ва $45...50\% \text{SiO}_2$ бўлган) таркибига 10% гача гипс қўшиб олиш усули тавсия қилинди. Пишириш жараёнини енгиллаштириш учун CaF_2 ва CaSO_4 дан иборат аралаш минерализатор қўлланилди.

Цемент қотганда у тузларнинг агрессив эритмалар таъсирига юқори даражада бардошлилиги билан ажралиб туради. Бу цементнинг совуққа чидамлилиги ҳам юқори. Мазкур хусусиятлари ундан гидротехник иншоотлари қурилишида, шунингдек, манзарали ва оқ рангли цемент сифатида фойдаланиш имконини беради.

Асосий хом ашёнинг таркибий қисми сифатида CaSO_4 га эга бўлган гидравлик цемент олиш масаласи цемент технологияси ва кимёсида янгилик бўлиб, унинг илмий ва амалий аҳамияти каттадир.

Бундай цементларни куйдиришда ҳосил бўладиган сульфоминералларнинг хусусиятлари ва ҳосил бўлиш шароитлари тадқиқ қилинган. Бундан ташқари, лаборатория ҳамда ишлаб чиқариш шароитларида сульфосиликат ва сульфоалюминат-силикат цементлари куйдириш технологияси аниқланди. Кўпгина тадқиқотчилар сульфоалюминат $3(\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3)\cdot\text{CaSO}_4$ ва сульфосиликат $2(\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2)\cdot\text{CaSO}_4$ нинг ҳосил бўлиши шунингдек, уларнинг асосий оптик ҳамда рентгенографик хусусиятларини аниқлаб беради.

Шу муносабат билан минерал фосфор ўғитлар ишлаб чиқарадиган кимё заводларида кўп миқдорда йиғилиб ётадиган чиқинди фосфогипсдан иктисодий жихатдан самарали фойдаланиш катта амалий аҳамият касб этди.

Оддий шароитларда цемент намуналарининг қотиш борасида олинган маълумотлар сульфоалюминат намуналари мустаҳкамлигининг жуда тез ва юқори даражада ортишини, сульфосиликат намуналарида эса суст ортишини кўрсатди. Бироқ таркибида 20% сульфоалюминат ва 80% сульфосиликат бўлган цемент намуналари уч кундаёқ энг юқори даражадаги мустаҳкамликка эришади. $1,5 \text{ МПа}$ босимда автоклав ишлови бериш, натижасида эса сульфоалюминат намуналарининг мустаҳкамлиги ошмайди ва сульфосиликат намуналарининг қотишига жуда яхши таъсир кўрсатиб, уларнинг дастлабки мустаҳкамлигини 10 мартадан зиёд оширади (32-жадвал).

Физик-кимёвий тадқиқотлардан маълум бўлишига, сульфоминераллардан иборат цементларнинг юқори даражадаги гидравлик хусусият ва мустаҳкамликка эга булишининг асосий сабаби уларда кристаллогидратлар янги формаларнинг ҳосил бўлишидир.

Сульфоминералларнинг агрессив мухитларда қотиш жараёни. Айрим минералларнинг тузлари таъсирига бардошлиги шу минералларнинг 3% ли $MgSO_4$ ва 5% ли Na_2SO_4 эритмаларида қотиш жараёнини кузатиш давомида ўрганилади.

Сульфоалюминат цемент намуналари мазкур эритмаларда жуда тез емирилади, чуқур ёриқлар пайдо бўлади ва унинг юзаси майдаланади.

Сульфосиликат намуналарнинг, шунингдек 20% сульфоалюминатли сульфосиликат цемент намуналарининг $MgSO_4$, ҳамда Na_2SO_4 эритмаларида тузлар таъсирига юқори даражада чидамлиги аниқланди. Олти ой мобайнида уларнинг чидамлик коэффициенти 1, баъзилариники эса 2 дан юқори, яъни сувда қотаётганга нисбатан мустаҳкамлиги 1...2 марта кўп.

Автоклав ишлов бериш сульфоалюминат намуналарининг коррозиясини йўқота олмайди. $MgSO_4$ нинг 3% ли ва Na_2SO_4 нинг 5% ли эритмалари таъсирида цемент намуналари, улардан жуда кўп миқдорда эттрингит (кальций гидросульфалюминатнинг сульфати кўп бўлган формалари) ҳосил бўлиш туфайли емирилади.

Сульфосиликатли цемент намуналарида $20\% 3(\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3)\cdot\text{CaSO}_4$ бўлиб, агрессив эритмаларда шу цементлар мустаҳкамлигининг ортиши уларнинг кимёвий чидамлилиги билан боғлиқ. Гипс ва этрингитнинг бирмунча кристалланиши бунга мисол бўлади. Мазкур минералларнинг майда кристаллари гидросиликатлар билан биргаликда жипс бирикади, бу ҳол цементнинг узоқ вақт мобайнида қотишда цементтош структурасини мустаҳкамлайди.

Сульфоминераллардан иборат цементтошга юқори температуранинг таъсири. Эркин оҳак ажратмай қотадиган цементлар портландцементга нисбатан юқори даражада иссиққа чидамли бўлади. Шунинг учун сулфоалюминат ҳамда сульфосиликатнинг юқори температурадаги хусусиятларини ўрганиш муҳимдир.

Сульфосиликатли цемент намуналарининг мустаҳкамлиги 800°C температурада 25% , 900°C температурада $30\ldots 40\%$, 1000°C да эса $44\ldots 50\%$ камаяди.

Таркибида $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4$ бўлган цемент намуналарининг иссиққа анча бардошли эканлиги маълум. Бу минералнинг юқори температурага чидамлилигининг сабаби гидратланиш жараёнида гилсимон маҳсулотларнинг йўқлигидир.

Паст температурали манзарали боғловчи материал олиш. Хозирги вақтда оқ портландцемент асосий манзарали гидравлик боғловчи материал ҳисобланади. Бу портландцементнинг хом ашё аралашмасида темир оксидлари деярли учрамаслиги сабабли уни $1500\ldots 1600^\circ\text{C}$ температурада куйдириш анча қийин, бу ҳол ишлаб чиқариш технологиясини мураккаблаштириб юборади. Шунинг учун ишлаб чиқарилаётган бундай цемент миқдори қурилиш талабини қондира олмайди. Асосан сульфоминераллардан ташкил топган оқ цементни

паст температурада олиш учун каолин, оҳак ва фосфогипс хом ашё аралашмалари куйдирилади. Аралашма $3\text{CaO}\cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{CaSO}_4$ ва $2(\text{CaO}\cdot \text{SiO}_2)\cdot \text{CaSO}_4$ ҳамда бирмунча ортикча ангидриди бўлган цементни олишга мулжаллаб тайёрланган.

Ушбу хом ашё аралашмаси $1200\text{...}1250^\circ\text{C}$ температурада куйдириб, очиқ ҳавода тез совутилади. Ҳосил бўлган клинкер оқиш рангли бўлиб осон куқунланади.

Тажрибаларнинг кўрсатишича, фосфоангидрид, каолин ҳамда оҳактош иштирокида бундай шароитда кам диссоциацияланади, чунки унинг парчаланишига имкон берувчи оксидлар — SiO_2 , Al_2O_3 ва Fe_2O_3 оҳак билан ўзаро реакцияга киришиб кетади.

Ўтказилган тажрибалар активлиги ва сувга бардошлилиги юқори бўлган, оҳаги ювилиб, юзасига чиқмай қотадиган оқ (манзарали) сульфоалюминатсиликат цемент олиш имконини тасдиқлади.

Лабораторияда ўтказилган тажрибаларнинг натижалари оқ портландцемент ишлаб чиқарадиган Ангрен заводида синаб кўрилди. Бунда заводда ишлатилаётган каолин гили 14%, оҳактош 42% ва фосфогипс 44% хом ашё материали бўлиб ҳисобланади. Аралашма кальций сульфосиликат, сульфоалюминат ва ортикча миқдордаги CaSO_4 бирмунча миқдорда C_4AF ҳосил бўлишини кўзда тутиб тайёрланган.

Фосфорли ўғитлар саноатининг қўшимча маҳсулоти — фосфогипс маҳсус маблағ ва эксплуатация сарфлари талаб қилмайди, унинг дисперслиги оҳактош учун зарур жараён ҳисобланган майдалаш заруратини бартараф этади. Бу эса электр энергиясини кўп миқдорда тежашга имкон беради ва аралашма хом ашёсини тайёрлашда майдаловчи жинслар сарфини камайтиради, шунингдек, чиқиндилардан фойдаланиш масаласи ҳам мақсадга мувофиқ ҳал этилади.

Синов ўтказилаётган вақтда материални куйдириш температураси 250°C камайди, 1250°C га тенглашди. Печнинг озикланиши анча ортганига қарамай хом ашё аралашмаси меъёрида ва оҳакнинг тўлиқ боғланиши асосида кечади. Бунда катта бўлақлар ҳамда бошқа салбий ҳолатлар кўзатишмайди. Чала пишган клинкер сарғимтир оқиш рангда, доналари силлиқланмаган турли шаклда эди. Клинкер сувда тезда совитилгач, сочилмайди. Унинг оғирлиги 1,2 кг/л. Олинган клинкернинг майдаланиш қобиляти оқ портландцементникига нисбатан 2 марта юқори.

Шундай қилиб, синаш натижасида печнинг унумдорлигини 55% оширишга ва мазутнинг солиштирма сарфини 30% камайтиришга эришилди. Паст температурада куйдириш шароитида печь футировкасининг мустаҳкамлиги оқ портландцемент ишлаб чиқаришдагидан анча узок, сакланади.

Ҳосил бўлган цементнинг физик-механик синовлардан кейин куйидаги хоссалари маълум бўлди: у ГОСТ 310—85 га мувофиқ 1, 3, 7, 28, 180 ва 360 кундан кейинги эгилишга бўлган мустаҳкамлиги тегишлича 2, 4, 6, 7 МПа, сиқилишга бўлган мустаҳкамлиги эса 17, 31, 39, 43, 40 ва 55 МПа га тенг. Цемент қоришмасининг нормал қуюқлиги 23,5. Унинг оқлик даражаси 76...81%. Цемент ранги ўзгармай қотади ва қиммат гидравлик қўшимчалар қўшилмайди.

Демак, олиб борилган тажрибалар паст температурада куйдириладиган манзарали сульфоалюминатсиликат цементининг оқ портландцементга нисбатан бир қанча афзалликларга эга эканлигини кўрсатди.

Ўтказилган тадқиқотлардан олинган ижобий натижалар турлича миқдорда $3\text{CaO}\cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{CaSO}_4$ бўлган сульфоалюминат силикат цементни Қурилиш материаллари саноатида ишлаб чиқариш учун тавсия этиш имконини беради (Отақўзиев Т.А. раҳбарлигида бу иш бажарилган). Бу мақсадда таркибида қуми кўп бўлган каолинитли гиллардан, кимё саноати чиқиндиларидан (фосфогипс) фойдаланиш мумкин, бу эса олий навли гиллар ишлатишни талаб этувчи оқ, цемент ишлаб чиқаришни анча осонлаштиради. Бунда ташқари, хом ашё ва цементни майдалашга, шунингдек, ёқилғига сарфланадиган энергияни камайтириш мумкин.

Гипс ва фосфогипсдан бир-вақтнинг ўзида, сульфат кислота сульфоалюминат-силикатли цемент олиш буйича ҳам иш олиб борилмоқда. Буни амалга ошириш учун 85...90% фосфогипс ва 10...15% алюмосиликат материалдан иборат аралашма, кўмир иштирокида 1250°C температурада қисман қайтарилади, натижада сульфоалюминат силикатли-цемент ҳамда SO_2 газ ҳосил бўлади, SO_2 дан олинган сульфат кислота эса яна ишлаб чиқаришга қайтарилади. Олинган цементнинг ранги кўкимтир бўлади.

27-§. Гилтупроқли цементлар

Оҳактош ва гилтупроққа бой бўлган тоғ жинслари эригунча ёки қисман эриб пишириб ҳосил бўлган клинкер яхшилаб туйиб олинган тез қотувчан ва жуда пишиқ гидравлик боғловчи гилтупроқли ёки алюминатли цемент деб аталади. Гил тупроқли цемент тайёрлаш учун хом ашё сифатида асосан чуқинди тоғ жинсларидан бокситлар ишлатилади. Бокситлар қизил бўлиб гилтупроқ гидратининг темир гидроксид аралашмасидан иборат. Боксит конлари жуда кам бўлган учун гилтупроқли цемент ишлаб чиқаришда гилтупроққа бой бўлган саноат чиқиндилари ҳам ишлатилади.

Гилтупроқли цемент таркибида 40% атрофида гилтупроқ (Al_2O_3), 45% гача кальций оксид (CaO) ва 5...10% кремний (SiO_2) бор. Гилтупроқли цемент қотиш жараёнида сув билан

тез реакцияга киришиб тез тишлашувчан қотиш хусусиятига эга бўлган икки кальцийли гидроалюминат минералини ҳосил қилади:



Қотган цемент таркибида эркин ҳолдаги кальций гидроксид билан уч кальцийли гидроалюминат бўлмагани туфайли гилтупроқли цемент юмшоқ, чучук ва ер ости агрессив сувлари таъсирига чидамлидир.

Цементнинг тишлашиш даврининг бошланиши 30 минутдан кейин бошланади, охири 12 соатгача давом этади. Гилтупроқли цемент тез қотувчан бўлиб, унинг бир кунлик мустаҳкамлиги 28 кунлигининг 50% ини ташкил этади.

Гилтупроқли цементнинг маркаси цемент-қумнинг 1:3 нисбатида тайёрланган намунаси уч кундан кейин сиқишга синаб аниқланади. Гилтупроқли цементнинг техникавий шартлари (ГОСТ 969-77) 33-жадвалда берилган.

Гилтупроқли цементнинг портландцементдан фарқи шундаки, у қотиш жараёнида кўп сув талаб этади, шу сабабли бетон қоришмалари учун сув-цемент нисбати 0,5-0,6 дан кўп олинади. Гилтупроқли цемент тишлашиш ва қотиш жараёнида ўзидан кўп иссиқлик ажратади. Шу сабабли, бетонлаш ишлари юқори температурада олиб борилса, уни совитиб туриш керак бўлади. Гил тупроқли цемент иншотларнинг, йўл ва кўприклар қурилишини тезлик билан фойдаланишга топшириш зарур бўлганда катта аҳамиятга эга. Гил тупроқли цементдан тайёрланган буюмларни буғ таъсирига учратиш ёки портландцемент билан аралаштириш мумкин эмас. Гилтупроқли цемент қоришмасининг мустаҳкамлиги жуда тез ўсади, шунинг учун шошилиш бажариладиган ва бахтсиз ходисаларини йўқотиш ишларида бу цемент ишлатилади.

33-жадвал

Цемент маркаси	Мустаҳкамлик чегараси, МПа			
	Сиқилишдаги		Эгилишдаги	
	24 соатдан кейин	3 кундан кейин	24 соатдан кейин	3 кундан кейин
400	35	40	2	2,2
500	45	50	2,4	2,6
600	55	60	2,7	3,0

Кенгаювчи цемент махсус таркибли гидравлик боғловчи модда бўлиб, қотиш вақтида унинг ҳажми ортади.

Цементларнинг қотаётган вақтда киришиш хоссаси барча гидравлик боғловчи моддаларнинг камчилиги эканлиги юқорида айтиб ўтилди. Шу камчилик сабабли конструкцияларда мутлақо сув ўтказмайдиган бирорта ҳам чок ҳосил қилиб бўлмайди. Кенгаювчи цемент эса қотаётганда мутлақо чўкмайди ва шу билан бирга ёрилмасдан, ҳажми 1...1,5% ортади натижада у янада зичлашиб, бетоннинг монолитлиги таъминланади.

Саноат кенгаювчи цементнинг икки турини ишлаб чиқаради: сув ўтказмайдиган кенгаювчи цемент ва гипс-қум тупроқли кенгаювчи цемент. Кенгаювчи цементни гилтупроқли портландцемент асосида ҳам ҳосил қилиш мумкин. Лекин кўпинча бу мақсадда гилтупроқли цемент ишлатилади, бу ҳолда анча чидамли кенгаювчи цемент олинади. Бу цементларнинг қотиш пайтида кенгайишига сабаб улар таркибида ҳажм жуда ортадиган кальций гидросульфоалюминат, яъни «цемент бацилласи» ҳосил бўлишидир, «бацилла» бу ҳолда ижобий роль ўйнайди.

Конструкция ёки буюмларнинг емирилган қисмлари дарз ва ёриқларини тузатишда кенгайдиган цемент ишлатилади. Бу цементни проф. В.В. Михайлов ихтиро (Россия) қилган. Унинг тишлашиш даври 1-4 минут, қотиш даври 5-10 соат. Бундай цемент тишлашиш жараёнида киришиш ўрнига кенгайиш хусусиятига эга. Унинг сувдаги чизикли кенгайиши 0,1%, қуруқликдаги кенгайиши 3%.

Бундай кенгайдиган цемент гилтупроқли цементни аралаштириб олинади. Унинг 28 кундан кейинги маркаси 300, 500 га тенг.

Гилтупроқли цемент асосида кенгайдиган боғловчи материалларнинг бошқа тури ҳам бор. Бу П.П. Будников, Б.Б. Скрамтаев ва И.В. Кравченколар тавсия (Россия) этган гипс тошқол-гилтупроқли цементдан тайёрланади. Бундай цемент гилтупроқли цемент (45%), майдаланган домна тошқоли (25%) ва икки молекула сувли гипс (30%) аралашмасидан тайёрланади. Мазкур боғловчи материал ўз хусусиятига кўра, гипс-гилтупроқли цементга яқин туради.

Портландцементнинг ҳам бир канча турлари бор. Француз олими Лосье биринчилар қатори, таркибида 70...80% портландцемент, 15...20% домна тошқоли ва 5...15% кенгаювчи қисмдан иборат цементни тавсия этган эди. Бу кенгаювчи таркибий қисм икки-сувли гипс (50%), қизил боксит (25%) ва бўр (25%) аралашмасини куйдириш йўл билан олинади. Мазкур қисм қанчалик кўп бўлса, цемент яна ҳам кўпроқ кенгайди, тошқолининг асосий вазифаси барча аралашма қотишининг босқичида ортиқча кальций сульфатни бириктириш ҳамда аралашманинг барқарорлигини таъминлашдан иборат. Шунингдек портландцемент,

гилтупроқли цемент ва сульфат тошқол цементларини аралаштириб ёки портландцементга турли кенгайтирувчи моддалар қўшиб кенгаювчи цемент тайёрлаш методи ҳам О.П. Мчедлов-Петросян, А.Е. Шейкин ва бошқалар томонидан тавсия этилган.

Портландцемент ва гилтупроқли цементдан В.В. Михайлов ва унинг шогирдлари тарангланувчи цемент деб аталадиган цемент яратдилар. Бу цемент фақат кенгайиш хажми билан эмас, балки кенгайиш энергиясининг катталиги билан ҳам характерланади.

Тарангланувчи цемент 14:16:70 дан 16:20:64 гача масса нисбатларида олинган икки сувли гипс, гилтупроғи юқори даражада бўлган клинкер ёки тошқол ва портландцемент клинкери аралашмасининг солиштирма сирти $45 \text{ м}^2/\text{кг}$ қадар туйиб тайёрланади.

Оғирлик нисбати 1:1 бўлган қоришма намуналари нормал шароитда қотирилганда, орадан 28 кун ўтгач пишиқлиги 80...90 МПа га етади.

Тарангланувчи цемент 2...5 минутда тишлашади. 20мм қалинликда қотган цемент намуналарида 2 МПа гача гидростатик босим таъсирида ҳам фильтрация содир бўлган. Бу боғловчи материал учун кенгайиш энергиясининг катта бўлиши характерлидир; 1:1 нисбатидаги боғловчи модда намуналари қотганида кенгайиш энергияси 3...4 МПа ни ташкил этади. Бу цементнинг хусусиятлари ундан тарангланувчи энергияга эга бўлган арматураси темир-бетон буюмлар тайёрлаш имкони беради, қотаётган цемент кенгайиш пайтида бундай энергия ортаверади. Бунда арматуралаш даражасига (0,15...1,5%) боғлиқ равишда пўлатнинг таранглиги 300...1400 МПа гача етишиш мумкин. Шунини таъкидлаш керакки, қоришма кенгайганда арматура икки ёки уч ўқли йўналишга эга бўлиши мумкин, бунга оддий тўғри чизикли усулда эришиб бўлмайди. Бундай цементдан тайёрланган буюм қуририлганда, қоришма тахминан 0,2% киришганда таранглик 20...25% гача камайиши мумкин.

Махсус хоссали аралашма боғловчи моддалар. Сўнгги вақтларда соф боғловчи моддаларни бир-бири билан ва баъзи қўшилмалар билан аралаштириб олинган боғловчи моддалар тобора кенг аҳамият касб этмоқда. Бу ҳар хил таркибий қисмга ҳос хусусиятли маҳсулот бериш имконини беради. Хусусан муайян боғловчи моддаларни аралаштириш йўли билан кенгаювчи ва чўкмайдиган (киришмайдиган) цементлар деб аталувчи боғловчи моддалар олиш мумкин. Гилтупроқли цементни ўта мустаҳкам гипс ёки қурилиш гипси ва юқори асосли гидроалюминат билан белгиланган нисбатларда аралаштириб сув ўтказмайдиган кенгаювчи цемент тайёрлаш мумкин.

И.В. Кравченко кенгаювчи портландцемент олиш усулини ишлаб чиқди. Бундай цемент портландцемент клинкери, гилтупроғи кўп бўлган тошқол, икки молекула сувли гипс ва гидравлик қўшилмасини туйиб ҳосил қилинади.

Шунингдек А.В. Волженский (Россия) тавсия этган гипс-цемент-пуццолан ва гипс-тошқол-цемент пуццолан боғловчи материаллар-қурилиш гипси ёки ўта мустаҳкам гипсининг портландцемент ёхуд шлак-портландцемент ва пуццолан қўшилмасининг аралашмасидан иборатдир. Бундай боғловчи материаллар таркибида ярим сувли гипс борлиги туфайли мустаҳкамликнинг кескин ортиш ва гидравлик цементларига ўхшаб нам шароитларда қотиш хусусияти билан ахамиятлидир.

Ҳозирги вақтда таркиби тахминан қуйидагича бўлган гипс цемент-пуццолан боғловчи моддалар ишлатилмоқда (оғирлиги бўйича процент ҳисобида):

ярим сувли гипс	75...50
портландцемент	15...25
активлиги 200 мг/гдан кам бўлмаган пуццолан	
қўшилмалар (трепел, опока, диатомит)	10...25

Шуни айтиб ўтиш муҳимки, юқори даражада мустаҳкам гипсли гипс-цемент-пуццоландан тайёрланган бетоннинг пишиқлик даражаси 2...3 соатдан сўнг 10...15 МПа, 7...15 кундан кейин эса нормал қотганда 30...40 МПа ни ташкил этади. Бундай бетон мустаҳкамлик маркази шунга тенг бўлган портландцементдан, тайёрланган бетон каби қайишқоқ-пластиклик хусусиятлари билан характерланади. Юқори даражада мустаҳкам гипс ва 500—600 (ГОСТ 10178—62) маркази ўта тез қотувчи цементдан ишланган гипс-цемент, пуццолан боғловчи материаллари айниқса тез қотади. Гипс-цемент-пуццолан боғловчи материалларидан тайёрланган буюмлардаги пўлат арматурани тегишли қоплама ҳамда NaNO_2 қўшилмаси билан муҳофаза қилиш керак.

Боғловчи материалларнинг таркиби, уларнинг солиштирма сарфи, тури, бетонларнинг таркиби зичлиги ва бошқа факторларга боғлиқ равишда гипс-цемент-пуццолан боғловчи материаллардан тайёрланган бетон ва маҳсулотлар 20...50 цикл совуққа чидамлилиги билан характерланади. Мазкур боғловчи материалларнинг сульфат кислота тузлари таъсирига чидамлилиги портландцементнинг сульфат кислота тузларига чидамлилиги билан бир хил.

1956 йилдан бошлаб гипс-цемент-пуццолан боғловчи материаллари республикамиз қурилишларида мувофақиятли ишлатилиб келинмоқда.

Гипс-цемент-пуццолан боғловчи материалларидан тайёрланган маҳсулотлар ҳам каватли турар жой бинолари ва қишлоқ хужалик ахамиятига эга бўлган бинолар қурилишда ҳам фойдаланилади. Гипс-цемент-пуццолан боғловчи материалларнинг поливинил ацетат полимер ёки дивинилстирол латекс сувли дисперсияси билан аралашмаси биноларнинг ташқи ва ички юзларини пардозлашда керамика плиталарни мустаҳкам ёпиштиришда ва пардозлаш

ишларининг бошқа турларида қўлланилади. Бу алоҳида таркибий қисмларда гипс-цемент-пуццолан боғловчи моддалар оғирлигининг 5...20 проценти полимер моддадир. Бу боғловчи моддалар ажойиб хусусиятлари ва чидамлилиги билан характерланади.

Кенгаювчи цемент турларидан бири гилтупроқли цементлардир. Бу цемент—гилтупроғи кўп бўлган ташқол билан икки сувли гипснн биргаликда майдалаб аралаштириш йўли билан ҳосил қилинади. Мазкур таркибий қисмларнинг оғирлик нисбатлари 0,7...0,3 бўлиши керак. Бундай боғловчи материал сув ва ҳаво мухитида тез қотиши билан характерланади. Уни тайёрлаш учун бир кальцийли, алюминати кўп бўлган юқори даражадаги гилтупроқли тошқол ишлатилади. Цемент мустаҳкамлилиги бўйича 400 ва 500 маркаларга бўлинадн. Шунн айтиб утиш керакки, гипс-гилтупроқли цемент қоришмалари совуққа ва сульфат кислота таъсирига жуда барқарордир. Гилтупроқли кенгаювчи цемент киришмайдиган ва кенгаювчи, сув ўтказмайдиган қоришма ва бетонлар тайёрлаш, йиғма бетон ва темир-бетон конструкцияларнинг туташтириладиган ораларини тўлдириш, конструкцияларнинг кучайтириш, чок ва қувурлар оғзини текислаш ва бошқалар учун ишлатилади.

29-§. Кислотага чидамли цемент

Кислотага чидамли цемент, кремний фторли натрий (Na_2SiF_6) ва кварц кумни биргаликда жуда майдалаб туйиб олинади. Цементни қотириш учун сув эмас, балки эрувчан шиша ишлатилади.

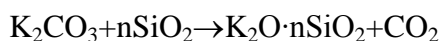
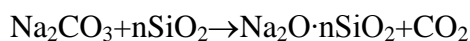
Кислотага чидамли цемент, кварцли, маршалитли, диабазли, андезитли турларга бўлинади. Кислотага чидамли цементдан бетон тайёрлашда 34-жадвалда берилган кўрсаткичлардан фойдаланиш мумкин.

34-жадвал

Кукун тўлдиргичнинг турлари	Цемент миқдори, %		Боғловчи сувоқ шиша		
	Кукун тўлдиргич	Кремний- фторли натрий (Na_2SiF_6)	модуль	Солиштира оғирлик, $\text{кг}/\text{м}^2$	Миқдори, % (кукун тўлдир-ғичга нисбатан)
Диабазли	95	5	2,25	1500	34
Кварцли	96	4	3,5	1300	33
Маршалитли	94	6	2,6	1450	36
Артик туфи	96	4	2,8	1380	35

Эрувчан шиша-натрий силикат ($\text{Na}_2\text{O}\cdot n\text{SiO}_2$) ёки калий силикат ($\text{K}_2\text{O}\cdot n\text{SiO}_2$) дан ташкил топган, хавода қотадиган боғловчи эрувчан шиша махсус хумдонларда сода аралашган тоза кварц қумни натрий сульфат ёки поташ (K_2CO_3) билан қориштириб, 1300-1400⁰С температурада пишириб олинади.

Юқори температурада эриган моддалар ўзаро қуйидагича реакцияга киришади:



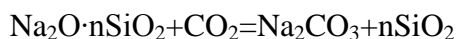
Тезда сувутилгач шиша бўтқаси ($\text{Na}_2\text{O}\cdot n\text{SiO}_2$ ва $\text{K}_2\text{O}\cdot n\text{SiO}_2$) ёрилиб майдаланади, сўнг «силикат бўлак» лари ҳосил бўлади. Курилишда «силикат бўлак» лари эритилган ҳолатда ишлатилган сабабли у «суёқ шиша» деб аталади. Суёқ ҳолатга келтириш учун «силикат бўлак» ларини майдалаб автоклавка солинади ва босим 0,4-0,8 МПа га етказилади. Натижада боғловчи материал-коллоид силикат эритма ҳосил бўлади. Эрувчан шишанинг хусусияти унинг модули билан ифодаланади. Шиша таркибидаги қумтупроқ миқдорининг ундаги натрий оксидига (ёки калий оксидига) нисбати модуль деб аталади:

$$M = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Na}_2\text{O}}$$

Модуль М нинг миқдори катта бўлса, шишанинг эриш хусусияти ва чидамлиги камаяди.

Эрувчан шиша уч модулга эга: катта модулли шиша $M=3,5\dots 3,9$, ўртача $M=3,0\dots 3,5$ ва кичик модулли $M=2,0\dots 2,8$.

Суёқ шиша қурукликда аста-секин қўриб, ундан карбонат ангидрид газы таъсирида қумтупроқ аморф ҳолда ажратиб чиқади:



Қотиш жараёнини тезлатиш учун суёқ шишани иситиб, унга кремний-фторли натрий (Na_2SiF_6) дан 12-15% (суёқ шиша массасига нисбатан олинганда) қўшилади. Эриган шиша чинни идиш, туника бочкаларда сақланади. Уни ёзда иссиқдан, қишда эса музлашдан сақлаш керак. Кислотага чидамли бетон қоришмаси суёқ шиша обдан туйилган кремний фторли натрий (Na_2SiF_6), кислотага чидамли кукун, қум ва йирик тўлдиргичларни (андезит; кварцит ва ҳ.к.) қориштириб майдаланади. Бетон учун тўлдиргичлар уч хил йирикликда ишлатилади: чанг—0,15 мм дан майда, қум—0,15...5 мм, чақилган тош 5 мм дан йирик.

Кислотага чидамли бетон таркиби тажриба йўли билан аниқланади бунинг учун тўлдиргичлар аралашмасига, бетон қоришмаси қоникарли бўлгунга қадар суёқ шиша қўшилади.

Титратиш усули билан жойланадиган бетон қоришмаси учун конуснинг чўкиши 20...30 мм бўлса, қўл билан шиббаланганда конуснинг чўкиши 40...100 мм бўлиши керак.

Кислотага чидамли бетонинг нормал қотиш учун илик ёки қуруқ бўлган шароит яратиш кифоя. Кислотага чидамли бетон тайёрлаш учун материаллар миқдорини тахминан қуйидагича олиш мумкин (оғирлиқ ҳисобида) : 1 қисм суюқ шиша: 0,9...1,1 қисм кварц ёки бирор кислотага чидамли материал чанги, 1 қисм қум, 1,3...1,7 қисм кислотага чидамли чақилган тош, 10...15% кремний-фторли натрий (суюқ шиша оғирлигига нисбатан). Кислотага чидамли бетон 3 кундан кейин 10...12 МПа, 28 кунда кейин эса 15...18 МПа мустаҳкамликка эга бўлади. Кислотага чидамли бетон арматура билан мустаҳкам ёпишиш хусусиятига эга бўлгани учун, кислоталар сақлайдиган резервуарлар қуришда темир-бетон конструкциялар тарзида ишлатилади ҳамда кислоталар таъсирида бўлган қурилиш конструкциялирини муҳофазалашда кенг қўлланилади.

Кислота чидамли цементлар қотишмалар, замаскалар тайёрлашда, кимёвий ускуналарни қоплашда, девор, полларни бўйашда, кислотага чидамли ғиштларни теришда ва бетон тайёрлашда кенг қўлланилади.